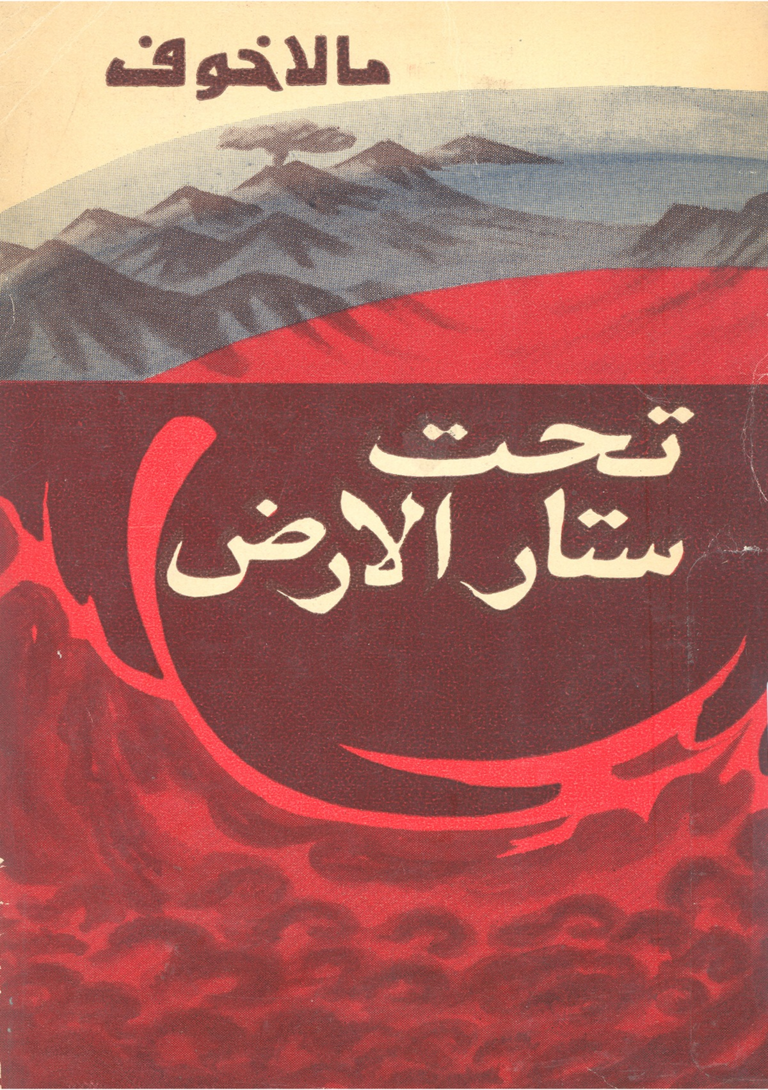

مالاخوف
تحت
ستار الارض

مؤلف هذا الكتاب العالم السوفييتي الشهير الحاصل على شهادة الدكتوراه في علوم الجيولوجيا ـ المعدنية الاستاذ اناتولي مالاخوف ، قام بوضع مؤلفات علمية كثيرة معروفة لدى الاخصائيين بالاضافة الى تأليف عدد غير قليل من الكتب المدرسية التي اخذت كمناهج تدرّس الآن لآلاف الطلبة السوفييت في المعاهد العليا واشترك في كثير من المؤتمرات العالمية الجيولوجية .

في السنوات الاخيرة عرفت دور النشر الاستاذ مالاخوف كأحد مبسطي العلوم . فقد قام بتأليف عدة كتب علمية مبسطة بشكل قصصي منها «مائة مهنة للجيولوجي» و«اقاصيص عن الصخور» و«ثورة البلورات» وغيرها . وقد احبه القراء للغته السهلة الواضحة وعرضه الرائع المبسط للمشاكل التي تهم العلماء في ايامنا .

Л. МАЛАХОВ

ПОД ПОКРОВОМ МАНТИИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО „МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ"

مالاخوف

تحت ستار الارض

دار «مير» للطباعة والنشر

موسكو ١٩٦٨

ألغاز معقدة كثيرة

جدل ونقاش

« اننى اؤكد تأكيدا قاطعا عدم وجود ماجما (magma) فى باطن الارض ! »

هذا ما اعلنه عالم انجليزى شاب فى اللقاء الودى الذى جرى فى فندق متروبول بموسكو ، قبيل افتتاح المؤتمر الجيولوجى العالمى السابع عشر عام ١٩٣٧ .

وهكذا بدأ النقاش الحاد بين العلماء الشبان . كل يحاول الدفاع عن رأيه ...

ـ كيف لا توجد ماجما !

ـ وبراكين إتنا وفيزوف وكلوتشفسكايا ؟

ـ والحقل الهائل من حمم بركان كيلمنجارو !

اما العالم الانجليزى فقد كان هادئ الاعصاب . ولكنه ما لبث أن قال : أرجو الا يلتبس عليكم الامر

فتعزون نشاط البركان الذى يحدث على سطح الكرة الارضية الى عوامل ناشئة أو مرتبطة بمكنونات باطن الارض . انى أرى انكم جميعا تنهجون نهج « كانت » اذا كنتم تعتقدون أن باطن الارض يتكون من محيط عظيم من الصخور المصهورة . هناك لا يمكن أن توجد مواد سائلة . ان طبقة الستار الارضى صلبة . وعلينا إذن ، أن نبحث عن تفسير آخر ، لظاهرة البراكين هذه !

عندئذ صاح احدنا :

لنذهب الى اساتذتنا ليحكموا بيننا !

واتجهنا جميعا الى قاعة رصت فيها بعض الموائد . وفى وسط القاعة كانت تجلس هيئة رئاسة المؤتمر وكان ثمة نقاش ودى يدور بين رئيس الدورة السابقة الجيولوجى الامريكى المشهور المستر فيليب سميث ، ورئيس الدورة القادمة مهندس البترول السوفييتى النابغ الاكاديمى ايفان جوبكن . غدا سوف يعلن المستر سميث افتتاح الدورة الجديدة ويسلم الرئاسة الى المستر جوبكن . يبدو انهما كانا منهمكين فى مناقشة بعض تفاصيل اجراءات الغد . ولكننا عكرّنا حديثهما .

وفى لحظات احاط بالعالمين اثنا عشر جيولوجيا شابا وبدأوا يقرعون الكؤوس ،ثم شربت الانخاب لنجاح المؤتمر ، ومن اجل أن يطول النقاش حول الماجما والمعادن .

وهنا هتف احدنا :

– ومن اجل أن تزداد كمية البترول الموجودة فى باطن الارض !

وكما لو كانت هذه العبارة قد اثارت جوبكن الذى ردّ قائلا :

– فى باطن الارض لا يوجد بترول ! قل لى ايضا ، هل يجب أن نبحث عن البترول فى طبقة الستار الارضى ؟ البترول – بدون شك – من اصل عضوى . وما غير ذلك ، ليس الا خيالا محضا . ان الرأى القائل بان البترول من اصل غير عضوى لا يستحق حتى أن نسميه فرضا ، اذ ما هو الا اتجاه خاطئ فى العلم !

وهنا اختلف « الفقهاء »

فهناك نظريات مختلفة عن نشأة الكرة الارضية .. عن نشأة المجموعة الشمسية كلها .. فبعض العلماء يؤمن بالنظرية التى نادى بها «كانت ولابلاس» فى القرن الثامن

عشر . اذ تفترض هذه النظرية بان المجموعة الشمسية ، ومن بينها الارض ، قد تكونت نتيجة لتكاثف وتجمع الابخرة والغازات المختلفة على شكل قرص يدور حول نفسه . ونتيجة لهذا الدوران وفقدان الحرارة حدث أن تجمعت هذه الغازات على شكل حلقات . وعلى مرّ الزمن بدأت تتفكك ، وتنفصل عن بعضها مكونة بذلك الكواكب المختلفة . ثم بدأ السطح الخارجي لكل كوكب يبرد . أما الكرة الارضية ، فقد تكونت قشرتها ، وما زال باطنها صخورا مصهورة ملتهبة .

وفريق آخر من العلماء يؤمن بالفرض الذى اعلنه شميدت والذى يتلخص فى ان الكواكب المختلفة قد تكونت نتيجة لتجمع الغبار والغازات المختلفة الموجودة فى الكون ، حول الشمس ، اثناء عبورها مجال المجرات الموجودة فى الكون . بدأت هذه السحب الضخمة بعد ذلك فى الدوران حول الشمس وذلك حسب قانون الجذب العام . وحسب هذا الفرض فان الارض والكواكب الاخرى تستمد حرارتها من الشمس ولا توجد اية حرارة مخزونة فى داخلها .

وهناك آراء وفروض كثيرة اخرى حول هذا الموضوع .

واقتربنا من اساتذة العالم فى الجيولوجيا وطلبنا ان يردوا على الاسئلة التى تدور حول تركيب باطن الارض ، حول تركيب القشرة الارضية ، حول طبقة الستار الارضى ، حول نواة الكرة الارضية ...

وكان من الممكن كتابة اكثر من مؤلف علمى عن الردود المختلفة والمتناقضة التى حصلنا عليها . ومن الغريب انه لم يتفق رأيان على فرضية واحدة . والاغرب من ذلك اننا قد حصلنا على خمسين فرضية مختلفة على الرغم من ان هذه الاسئلة قد وجهت الى ثلاثين عالما فقط من علماء الجيولوجيا المعروفين .

ومن الردود التى بدت لنا غير عادية وجريئة رد الاكاديمى السوفييتى فرنادسكى .

فى رأيه ان جميع الفروض التى تعتبر ان باطن الارض يتكون من صخور مصهورة تغلى هى افتراضات غريبة على العلم ، نادى بها مؤيدو الشعوذة ومرددو الخرافات . واعلن بان درجة الحرارة تنخفض انخفاضا سريعا كلما تعمقنا فى باطن الارض ...

وهنا تملكتنا حيرة شديدة . اذا لم يتمكن اساطين العالم فى علم الجيولوجيا من الاتفاق على رأى واحد

وايجاد لغة مشتركة ، فما بالنا نحن الشباب الذين نخطو خطواتنا الاولى ، فى طريق البحث الشاق .

ومرت الايام وانهمكنا فى اعمال المؤتمر . لكن المؤتمر أكد مرة اخرى عدم اتفاق علماء الجيولوجيا على رأى واحد فيما يتعلق ببعض المسائل الهامة عن نشأة الكرة الارضية وتركيبها ، وتركيب بعض اقسامها ومناطقها . لكن هذه النتيجة لم تضعف من عزيمة احد او تفقده الامل ، بل على العكس فقد تحمس الجميع للعودة الى العمل والى البحث .

ومر ربع قرن من الزمان . وأردت من جديد ان اقابل العلماء الشبان الذين اشتركوا فى ذلك المؤتمر . وتمنيت لو راسلتهم . ولكننى مع الاسف اكتشفت اننى لم اسجل اسماء وعناوين المشتركين معى فى تلك الندوة ... اننى عندما أردت مقابلتهم او الكتابة اليهم انما ابتغيت الوقوف على آرائهم وأفكارهم ، خصوصا وان علم الجيولوجيا قد خطا خطوات مجيدة الى الامام فى مدى خمسة وعشرين عاما . وقد تحمل العبء الاكبر لهذا التقدم ، العلماء الشباب العاملون فى الحقول الجيولوجية المختلفة . ولكن .. كيف انتهى الجدل والنقاش ؟ وهل انتهى ام لم ينته بعد ؟

فى فوهة الجحيم

واخيرا وصلنا الى حافة فوهة البركان . ولفحت وجوهنا حرارة شديدة وفى نفس اللحظة بدا امامنا « المرجل الهائل » الذى يغلى فيه الذهب المصهور ، والذى كان بين حين وآخر ، يقذف بحممه على شكل نافورة الى ارتفاعات كبيرة . وهذه الحمم كانت تتحول الى كتل من الزبد الملتهب . ومن وقت لآخر كانت تنطلق فى عنان السماء اصوات انفجارات متتابعة وفى اماكن متفرقة على صفحة السائل الكثيف ، كانت تنفجر فقاقيع تخرج منها سحب من الأبخرة بنفسجية اللون وقد تركز نشاط البركان العاصف فى ثلاثة او اربعة اماكن على سطح البحيرة الهائلة التى كونتها الصخور المصهورة. اما المناطق الاخرى من سطح البحيرة ، فقد كانت مسرحا لمرجات عنيفة منطلقة من تلك الاماكن التى تركزت فيها ثورة البركان . وكنا مأخوذين بمنظر الخطوط اللامعة التى تركتها امواج الصخور المصهورة على جانب من فوهة البركان .

هكذا يصف عالم البراكين البلجيكى المشهور هارون تازييف مقابلة من مقابلاته العديدة مع الصخور

النارية المصهورة . ولقد اهدى الاستاذ تازييف للعالم ، شريطا سينمائيا نادرا بعنوان ، « لقاء مع الشيطان » يصور فيه لقاء حقيقيا مع القوى الهائلة الحاقدة التى يقذفها باطن الارض . الم يكن هارون تازييف بين المشتركين فى ذلك النقاش الحاد الذى جرى منذ ربع قرن عن الظواهر المتعلقة بالماجما الموجودة فى باطن الارض ؟ من المحتمل أن اجد احد اصدقائى القدامى من بين علماء البراكين. ولكننى لم اجد اسم هارون تازييف فى قائمة الاعضاء الذين اشتركوا فى المؤتمر الجيولوجى العالمى السابع عشر . يا للاسف لو كان قد حضر المؤتمر لكان ، بكل تأكيد من الذين يؤمنون بوجود الماجما فى باطن الارض .

فى الواقع ، كان معظمنا من مؤيدى هذا الرأى . لقد جذبتنا بساطة هذه النظرية التى قيل لنا انها تستطيع تفسير كل شئ . لقد اعتمد معظم المجماتيين * على فروض كانت ولابلاس عن نشأة الكرة الارضية ، وافترضوا أن الكرة الارضية فى الماضى البعيد كانت

---

* المجماتيون هم اصحاب نظرية وجود الماجما فى باطن الارض .

كتلة منصهرة . وقد تكونت القشرة الارضية نتيجة برودة وتجمدّ سطحها الخارجى . تحت هذه القشرة الارضية توجد الماجما ، وهى مادة غريبة لم يراها احد على الاطلاق ، وتبلغ درجة حرارتها اكثر من الفى درجة مئوية وتقع تحت قوة ضغط شديدة تبلغ الألف ضغط جوى . ونتيجة للضغط الهائل ودرجة الحرارة المرتفعة تكتسب الماجما صلابة تفوق صلابة الصلب بمراحل . وتتأثر الماجما بالصدمات السريعة كمادة صلبة ، ولكن تحت تأثير الصدمات الخفيفة فانها تنتشر وتتمدد كما هى الحالة مع المحاليل والسوائل . ويقول المجماتيون ان هذه المادة (الماجما) ، هى المعمل الذى تمت ، وتتم فيه عملية تكوّن الصخور .

النقاش والجدل حول الماجما لا ينتهى ، حتى بين المجماتيين انفسهم . وخلال مناقشاتهم تثار مسائل كثيرة – هل طبقة الستار الارضى فى جميع بقاع الكرة الارضية ، متشابهة التركيب ام انها تختلف باختلاف مكان وجودها ؟

لقد ترك الجيولوجيون والجيوفيزيائيون الاعتقاد القديم القائل بأن طبقة الستار الارضى توجد فى حالة

انصهار . واصبحوا جميعا يعتقدون بوجود مراكز متفرقة منفصلة توجد فيها الصخور المصهورة . ـ مستودعات الماجما ـ التى تغذّى البراكين وتمدها بالحمم، وتوجد مستودعات الماجما هذه تحت القشرة الارضية مباشرة فى طبقة الستار الارضى . لكن بعض العلماء يعتقد بوجود هذه المستودعات فى القشرة الارضية نفسها .

وبعد الدراسات التى اجراها الاستاذ جورشكوف * على نشاط فوهة بركان كلوتشيفسكايا تبين له ، انه خلال ثورة البركان امكن الكشف عن مستودع للماجما يتراوح قطره بين ٣٠ و ٤٠ كيلومتراً وسمكه بين ١٠ و١٢ كيلومترا . وأكد الاستاذ جورشكوف أن مستودع الماجما كان يقع على عمق يتراوح بين ٥٠ و ٦٠ كيلومتراً من سطح الارض . ويعتقد الجيولوجيون الامريكيون بان مستودعات الماجما يمكن أن توجد على اعماق تصل الى ١٠٠ و ١٥٠ كيلومتراً ، أى انها تقع فى مناطق طبقة الستار الارضى تحت القشرة الارضية مباشرة .

---

* الاستاذ جورشكوف كان يعمل فى محطة كامتشاتكا لدراسة نشأة البراكين .



ثورة البركان .. منظر رهيب ومهيب .

ومنذ عدة سنوات كان الجيوفيزيائي الياباني ايكوياما يقوم بوضع خريطة مسح مغنطيسية لجزيرة اوشيما . وقد أكدت الخريطة خلو المجال المغنطيسي للجزيرة من أي شذوذ . وبعد انتهاء العمل من رسم خريطة هذه الجزيرة ثار بركان ميخارا بدون سابق انذار واعاد ايكوياما رسم خريطة المسح المغنطيسي للجزيرة مرة اخرى واكتشف ظهور منطقة شذوذ (anomaly) في المجال المغنطيسي . وحسب رأيه ، فان ثورة البركان ، كانت نتيجة ظهور مستودع للماجما انفجر على شكل بركان لم يكن موجودا من قبل . ومن نتائج الحسابات التي حصل عليها ايكوياما اتضح أن سطح الجسم المسبب للشذوذ المغنطيسي يقع على عمق كيلومترين فقط من سطح الارض . من هذا استنتج ايكوياما أن مستودع الماجما لا يوجد تحت الستار الارضي أو تحت القشرة الارضية بل يوجد في القشرة الارضية نفسها .

ان الجدل والنقاش حول البراكين ونشاطها مستمر من زمن بعيد . وكثيرا ما ظهرت في الهند واليونان آراء ساذجة تقول ان الصخور المصهورة تخرج من اعماق تنين ، كما اطلق آخرون على البراكين اسم « الروح

الشريرة » التى تصب جام غضبها من سحب كثيفة ونار ودخان ، على كل من يحاول الاقتراب من الكهف الذى تعيش فيه .

ومن اساطير اليونان أن ماردا يدعى طيفون قد تحطم اثناء صراعه مع مارد آخر يدعى زيفس . وقد تناثر حطام طيفون على الارض ومن اجزاء جسده المتناثرة تولدت حرارة شديدة تسببت فى صهر الصخور المحيطة بها . وقد رويت كثير من الاساطير والحكايات عن بركان (اله العالم السفلى — عالم ما تحت الارض) الذى اطلق اسمه على قاذفات الصخور والنار (البراكين) . اما الآن فلا يدور النقاش والجدل عن الارواح الشريرة أو عن المارد طيفون بل عن مستودعات الماجما .

ومن البديهى انه لا يمكن القول بأن جميع المشاكل التى تواجه المجماتيين المعاصرين هى محل نقاش وجدال . فمما لا شك فيه انه توجد بعض الامور التى توصلوا فيها الى اتفاق تام . فمثلا اتفقوا على أن البركان يمثل المعمل الذى تتم فيه التفاعلات المختلفة التى تؤدى الى تكوين الصخور . وبالتالى من دراسة نوع البركان وطبيعة نشاطه يمكن تحديد نوع وتركيب الصخر المحتمل تكونه فى هذا البركان او ذاك .

في وسط المحيط الهادئ ، وفي جزر هاواي ، يوجد بركان « كيلاويا » . لقد ثار هذا البركان اكثر من مرة ، وفي كل مرة لم تظهر أية دلائل تشير الى قرب ثورته . وفي آخر ثورة له ، عام ١٩٦٠ ، فوجئ سكان الجزر بمنظر النيران المندفعة من فوهة البركان الى عنان السماء بقوة شديدة ثم بدأ البركان بقذف حممه البركانية التي اخذت تتهاوى وتتساقط بسرعة جنونية ، ودمرت في طريقها كل الحواجز والسدود التي اقيمت لدرء الخطر وحماية سكان الجزر . لقد استطاعت هذه الحواجز في المرات السابقة أن تقف في وجه الحمم البركانية وتحمي السكان ، لكنها في هذه المرة لم تستطع الصمود وتحطمت جميعها ، الواحدة تلو الاخرى ولم يكن هناك وقت كاف يسمح بتبليغ سلاح الطيران لكي تقوم قاذفات القنابل بشق طريق جديد لسيل الحمم البركانية المتدفقة . واندفع السيل الى مزارع قصب السكر وحقول العنب ودمر كل ما اعترض طريقه حتى وصل الى شواطئ البحر حيث يقيم سكان الجزر . وفي لمح البصر تحولت مساكنهم الى شعلة من نار . وواصل السيل المدمر طريقه متدفقا الى مياه المحيط ، فعصفت الامواج وتصاعدت

سحب الابخرة الكثيفة وتحول النهار الى ظلام دامس . وظلت صورة الكارثة المفجعة مطبوعة في ذاكرة الناجين ، مدة طويلة .

يعلم العلماء انه من هذه الحمم البركانية السائلة — عندما تكون خالية تقريبا من الغازات — يتكون نوع معين من الصخور يسمى « الصخور القاعدية » أو « الصخور البازلتية » . ان هذه الصخور تحتوى على حوالى ٥٠ — ٥٥٪ من السليكا كما توجد هذه الصخور بكثرة فى الجزر البركانية بالمحيط الهادئ . وفى المكان الذى تتكون فيه الصخور القاعدية ، فان تدفق الحمم البركانية يكون بنفس الشكل الذى تدفقت به حمم بركان كيلاويا .

ويعتقد الجيولوجيون بأن تضاريس جزر هاواى وتضاريس المناطق البركانية الاخرى تكونت على هذا الشكل . ويعتقد بعض العلماء بأن القمر ايضا كان مسرحا لثورات بركانية متعددة ادت الى تكون الفوهات المشهورة الموجودة على سطحه .

منذ زمن غير بعيد تمكن الفلكى السوفييتى كوزيريف من رصد فوهة بركان الفونس على سطح القمر عند ثورته . وكان يرافق ثورة البركان خروج ابخرة

وغازات مختلفة غريبة . وكان يوجد ضمن هذه الغازات غاز الايدروجين ومخلفات الكربون . ومن النادر جدا ان ترافق ثورة البراكين التى تحدث على سطح الكرة الارضية ، غازات يدخل فى تركيبها غاز الايدروجين ومخلفات الكربون . ولكن قد يعود انطلاق هذه الغازات من فوهة الفونس لظواهر اخرى . على ان جميع العلماء لا يؤمنون بوجود براكين على سطح القمر ، فكثير منهم يعتقد بان هذه الفجوات والفوهات الضخمة الموجودة على سطح القمر ما هى الا نتيجة سقوط الشهب والنيازك الضخمة وارتطامها بسطح القمر . ان القمر لا يملك غلافا جويا يحيط به او يحميه من القوى المخربة والتدمير الذى يحدث نتيجة لسقوط الاجسام الغريبة على سطحه .

كلنا قرأنا او سمعنا عن الكارثة الاليمة التى حدثت عام ٧٩ بعد الميلاد حيث دمرت فى لحظات ثلاث مدن هى بامبيى ، هيركولانوم وستابيا . وكان الكاتب پلينى الصغير شاهد عيان لهذه الكارثة . وفى رسالة منه الى المؤرخ المشهور « تاتسيت » ، كتب يقول « وبدون انذار وعلى غير انتظار ، ظهرت فوق بركان فيزوف

سحابة ضخمة على شكل عش الغراب . ودوّى انفجار هائل انتشرت على اثره السحب ، وظلت السماء تختفى تدريجيا وانتشر الظلام كأنه الليل . ثم اخذ يتساقط الرماد البركانى الملتهب المنطلق من فوهة البركان وبعدها انطلقت المقذوفات البركانية . واختلط الرماد البركانى بمياه الامطار الساقطة من السحب المتكونة وغمرت المدينة سيول من الطين . ومن لم تقتله المقذوفات البركانية لقى حتفه فى العاصفة الهوجاء وسيول الطين ومن تمكن من النجاة من المقذوفات والعاصفة لقى حتفه مختنقا. اذ ان الهواء كان مشبعا بأبخرة الكبريت السامة ». وهكذا ايضا انتهت حياة پلينى الكبير العالم الطبيعى المشهور فى ذلك الوقت .

وفى عام ١٩٤٤ ثار بركان فيزوف ثورة جديدة وشديدة . وكانت حممه البركانية لزجة ومختلفة عن تلك التى دمرت جزر هاواى . ولقد اندفعت الى اعلى تكاد تكون رأسية تماما . وبلغ ارتفاعها ارتفاع منزل مكون من اربعة او خمسة طوابق وصادف أن كانت بعض الطائرات الامريكية تحلق فوق فوهة البركان عند ثورته . وتمكن الطيارون من التقاط عديد من الصور النادرة .

لقد شاهدنا بعد ذلك على الشاشة كيف كان يتدفق سيل الحمم البركانية . وكان تدفقه بطيئا بدرجة ، تمكن أيّ فرد من النجاة . لكنه حطم ودمر كل ما اعترض طريقه . وقد درس العلماء ، العناصر والمواد الداخلة فى تركيب الحمم البركانية التى قذفها بركان فيزوف ووجدوا انها تختلف عن تلك التى قذفها بركان كيلاويا فى جزر هاواى . اذ كانت نسبة السليكا الداخلة فى تركيب حمم بركان فيزوف اعلى من تلك التى كانت فى حمم بركان كيلاويا . ومن المعروف ان تقسيم الصخور البركانية يعتمد اساسا على نسبة السليكا الداخلة فى تركيبها . وعلى ذلك فان حمم بركان فيزوف تدخل تحت اسم الصخور المتوسطة ، اذ تبلغ نسبة السليكا فيها حوالى ٦٠٪ . واذا زادت نسبة السليكا الى اكثر من ٦٥٪ ، تسمى الصخور فى هذه الحالة الصخور الحمضية . كما يمكن ان توجد هذه الصخور الحمضية (اللبياريت مثلا) فى المناطق البركانية المختلفة . غير ان ثورة البراكين التى تقذف حمما بركانية حمضية لها طابع خاص مميز .

ثمة فى كامتشاتكا فوهة بركانية تسمى « بيزيميانايا » معروفة منذ زمن بعيد . وكان من المعتقد ، ان هذا

البركان قد خمد وتوقف عن الثوران خصوصا وانه على مر عشرات السنين لم يحدث ما يذكرنا بوجوده . وفى ٣٠ مارس (آذار) ١٩٥٦ حدثت الكارثة العظمى . فجأة وبدون اية مقدمات — هكذا يقول الاستاذ جورشكوف — انطلق من فوهة البركان الى ارتفاع ٤٠ كيلومترا ، الرماد والمقذوفات البركانية . وكانت شدة الانفجار خيالية . وعلى مساحة تتراوح بين ٢٥ و٣٠ كيلومترا ، بعيدا عن فوهة البركان احترقت الاشجار والاعشاب والنباتات ، ودمر كل شئ حول البركان . وعندما استطاع الباحثون الاقتراب من فوهة البركان ، وجدوا ان الحمم البركانية المتجمدة تحتوى على نسبة كبيرة من السيليكا . لقد وجدوا صخورا حمضية .

اينما كان الباحث — على شواطئ المحيط الهادئ ، او فى المناطق الرئيسية من حوض البحر الابيض المتوسط ، فى افريقيا الاستوائية او فى مناطق امريكا الوسطى ، او فى اى مكان من العالم حيث توجد براكين ، فانه يستطيع ان يحدد نوع الصخور المتكونة التى يقذفها البركان (أقاعدية هى ام متوسطة ام حمضية) من دراسة طريقة ثورة البركان وطبيعتها .

واذا افترضنا بان العمليات الجيولوجية المختلفة كانت تحدث فى تلك العصور والاحقاب الجيولوجية التى مرت عليها ملايين وملايين السنين هى نفس العمليات التى تحدث الآن فى ايامنا هذه ، فانه يمكننا القول بان المناطق التى توجد فيها صخور بركانية حمضية كانت مسرحا لثورات بركانية كثيرة كبركان بيزيميانايا والمناطق التى توجد فيها صخور البازلت كانت مسرحا لثورات بركانية كثيرة كبركان كيلاويا فى جزر هاواى . وفى المناطق التى توجد فيها الصخور المتوسطة حدثت ثورات بركانية تشبه ثورة بركان فيزوف فى ايطاليا .

ويفترض العلماء ، بانه منذ حوالى ٣٠٠ ــ ٤٠٠ مليون سنة كانت توجد فى المناطق الشرقية من الاورال جميع انواع البراكين الرئيسية . ذلك لانه فى تلك المناطق يمكن العثور على صخور بركانية حمضية ومتوسطة وكذلك على صخور قاعدية . كذلك كانت مناطق عديدة ومساحات كبيرة من سيبريا مسرحا لثورات بركانية مختلفة . ونتيجة لذلك وخاصة فى مناطق الثورات البركانية العنيفة تكونت احجار الماس .

في هذه الايام يحيط باحد براكين ألقارة الآسيوية الواقع فى المحيط الهادى عدد كبير من ينابيع المياه الجوفية الساخنة التى تحتوى على انواع مختلفة من الاملاح ، كاملاح الحديد والنحاس وبعض العناصر الاخرى . وقد أرسبت المياه الجوفية هذه على مر عام كامل كمية من النحاس تعادل ما يمكن استخراجه من منجم كبير . ويعتقد كثير من الجيولوجيين بان كثيرا من مناجم النحاس قد تكونت أساسا بهذا الشكل اى رسوب املاح النحاس من المحاليل الساخنة على هيئة صخور مكونة رواسب خام النحاس التى يجرى استغلالها الآن فى مناطق مختلفة من الاتحاد السوفييتى .

لكنه مما لا شك فيه انه لا يمكن تفسير كيفية تكون جميع رواسب النحاس او تحديد مصدرها على اساس النظرية المجماتية السابقة ـ اى الاصل البركانى لهذه الرواسب . ان كيفية تكون رواسب النحاس فى شرقى الاورال مثلا ، غير معروفة بالرغم من ان استخراج النحاس من هذه المناجم يجرى منذ وقت طويل وحتى الآن لم توضع نظرية لتفسير كيفية تكونه .

في العشرينيات اعلن الاكاديمى زافاريتسكى فرضية تقول ، انه قد جرى اتحاد النحاس والمعادن المصاحبة له بالصخور الرسوبية المكونة لجبال الاورال بفضل تدفق الماجما الكبريتيدية . ونتيجة لبرودة الماجما وتصلبها في تلك الاماكن فانها اخذت اشكالا مختلفة ـ الاكثر شيوعا منها شكل العدسات . ولقد ايد كثير من العلماء هذا الفرض واتضح بعد ذلك انه لا يستند الى حقائق علمية على الاطلاق . وقد تناقضت مع هذا الفرض نتائج الابحاث التى اجريت فى مناجم سيبايسكى للنحاس ، حيث وجدت في الصخور الكبريتيدية رواسب عضوية متحجرة . فاية ماجما اذن يمكن ان توجد هنا ؟ واعلن بعض العلماء ان المياه الجوفية الساخنة ، التى تندفع الى سطح الارض من المناطق المحيطة بمستودعات الماجما لعبت الدور الرئيسى فى تكوين رواسب النحاس . وهكذا افترضوا ان مناجم النحاس في الاورال قد تكونت بهذه الطريقة . ومما يدعم هذا الرأى، انه فى ايامنا هذه تتراكم ، او على الاصح تتدفق المياه الجوفية التى تحتوى على املاح النحاس من براكين جزر المحيط الهادئ الواقعة فى القارة الاسيوية .

وقد اكدت المراجعات العملية ايضا ، وجهة النظر هذه ، التى كانت مقبولة لدى جميع العلماء ولكن بعد مدة طويلة اثبتت الحقائق مرة اخرى عدم صحة هذه النظريات.

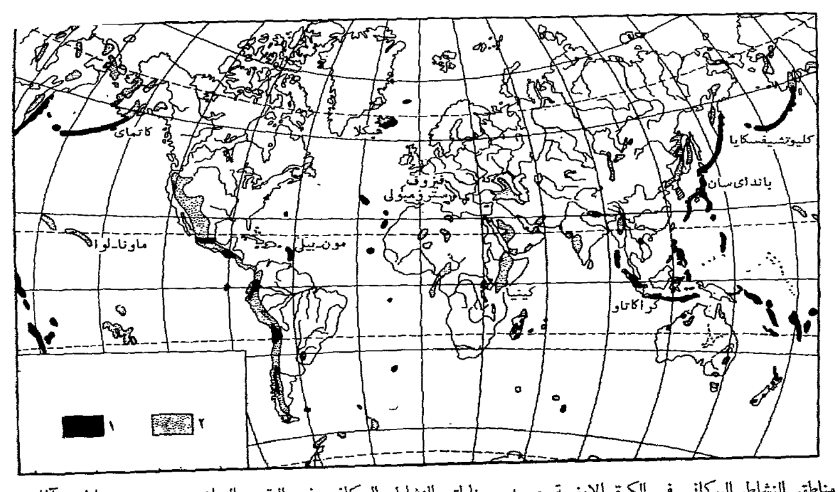
فى عام ١٩٣٦ اعلن الاكاديمى زافاريتسكى فرضية جديدة ، مفادها أن ثمة علاقة بين رواسب النحاس والثورات البركانية التى حدثت فى العصور الجيولوجية السحيقة . واشار الى ان احد الأمثلة على هذه العلاقة هى الطريقة التى تكونت فيها رواسب النحاس فى كورومونو باليابان التى وصفها الجيولوجى اليابانى كاميك تيموشيتا .

واثبتت الايام بعد ذلك عدم صحة فرضية زافاريتسكي ، ايضا . وتوجد الآن فروض كثيرة جديدة عن طريقة تكون رواسب النحاس فى الاورال . وكثيرا ما نجد ، عند اختبار فرضية ما ، ما يؤيدها ويؤكد صحتها ، او ما يتعارض معها ويفندها .

عند دراسة التراكيب الصخرية المختلفة كثيرا ما نجد ماجما متجمدة لم نلاحظ تكونها فى عصرنا الحديث . وتسمى هذه المجموعة من الصخور بالصخور المتداخلة (intrussive) باعتبار انها نشأت من طبقة الستار

الارضى ثم اندفعت الى القشرة الارضية لكنها لم تتمكن من الوصول الى السطح . وكما تنقسم الصخور البركانية الى انواع مختلفة ، فان تقسيم الصخور المتداخلة يشبه هذا التقسيم . فيمكن ان نجد الصخور المتداخلة القاعدية والمتوسطة والحمضية ، وكذلك فوق القاعدية وفوق الحمضية . وتمثل المجموعتين الاخيرتين فى التقسيم السابق ، تلك الصخور المتداخلة التى تحتوى على نسبة صغيرة جدا او نسبة كبيرة جدا ، من السليكا .

وتتكون الرواسب المعدنية المختلفة (فلزية وغير فلزية) نتيجة لتصلب الماجما . ومن امثلة الرواسب المعدنية (الفلزية) رواسب النحاس والحديد والذهب والبلاتين ، ومن امثلة الرواسب المعدنية (غير الفلزية) الاسبستوس او الحرير الصخرى (asbestos) والميكا (mica) والاحجار الكريمة . ومن الدراسات العديدة للاماكن التى توجد فيها الصخور المتداخلة فانه لايخطر لبالنا ، ان هذه الصخور ، كانت فى وقت ما ، قد ترسبت تحت القشرة الارضية وفى طبقة الستار الارضى نفسها .



مناطق النشاط البركانى فى الكرة الارضية : ١ — مناطق النشاط البركانى فى الوقت الحاضر ، ٢ — مناطق آثار الثورات البركانية التى حدثت فى الحقبين الجيولوجيين الثالث والرابع

ان ارتباط الرواسب المعدنية المختلفة بوجود الماجما المتصلبة جعلنا ، نحن الجيولوجيين الشباب فى ذلك الوقت ، ان نقرر القيام بالدراسات الجادة لهذه الظاهرة حتى نتمكن من معرفة طبيعة هذه العلاقات فى جميع انحاء الكرة الارضية . وربما كان ذلك العالم الانجليزى المتحمس على حق ؟

ومرت خمس وعشرون سنة ... وما زالت حتى الآن بعض القوانين المتعلقة بتكون الرواسب المعدنية غير واضحة تماما . وهناك مثلا رواسب الكروم (chrome) او بصورة أدق ، رواسب معدن الكرومايت (chromite) هو اوكسيد الكروم المركب . اننا نعتقد بان هذه الرواسب تتكون فى اولى مراحل برود الماجما . ففى مستودعات الماجما او فى اية منطقة توجد فيها الماجما ترسب المعادن الثقيلة عادة الى القاع ، اما المعادن الخفيفة ، فترتفع وهكذا يجرى التوزيع الاولى ، لمواد الماجما .

من المعروف ان الكرومايت والبلاتين ، اكثر المعادن كثافة لذلك فانهما يرسبان الى قاع مستودعات الماجما ، ويتراكمان هناك اما على هيئة ذرات دقيقة

او على هيئة تجمعات مستقلة كبيرة نسبيا . ان عملية تكون رواسب الكرومايت تتم في درجات حرارة عالية تصل الى ١٥٠٠ درجة مئوية . كل هذا منطقي جدا ولا يتعارض مع النظرية المجماتية .

ولكن اثناء عملية حفر كان يقوم بها الجيولوجيون في أواسط الاورال ، اندفعت فجأة من عمق ٦٠٠ متر في منطقة غنية بالبلاتين والكرومايت ، غازات على شكل نافورة قوية كانت تدخل في تركيبها كميات كبيرة من الايدروجين وغاز الميثان ، الذى يعتقد الكيماويون انه من اصل عضوى . وقد حدث هذا في احدى اعمق نقاط مستودع الماجما ، كانت تبلغ درجة الحرارة فيها اكثر من الف درجة مئوية .

ولربما كانت هناك علاقة بين غاز الميثان والمستودعات المجماتية . وكان الاكاديمي فيرنادسكي قد اعلن في عام ١٩٣٣ ان غاز الميثان ينشأ في المناطق التي كانت مسرحا لنشاط الكائنات الحية وكذلك اثناء العمليات المجماتية .

ان كثيرا من العلاقات العامة التي تربط بين النشاط البركاني والعمليات الجيولوجية المختلفة تسجل

فى محطات خاصة تقوم بدراسة الثورات البركانية الحديثة .
والقيام بهذا العمل المعقد والخطير يتطلب من الباحث ان يكون قويا باسلا غير هياب . لقد اسندت الى باحثين من العاملين فى محطة كامتشاتكا البركانية هما بايكوف وايفانوف ، مهمة القيام بقياس درجة حرارة سيل الحمم البركانية المتدفق . انهما لم يستطيعا القاء الترمومتر (مقياس درجة الحرارة) فى سيل الحمم البركانية وكان لا بد من القيام بالمهمة المطلوبة . رأى الباحثان ، كتلة ضخمة من الصخور المتصلبة تنساب مع تيار الحمم البركانية الملتهبة ، كما لو كانت كتلة من الجليد طافية على سطح الماء . فقفز الباحثان نحو هذه الكتلة الصخرية واستطاعا ان يفتحا ثغرة فيها بواسطة قضيب من الحديد . وفى هذه الثغرة انزل ترمومتر خاص لقياس درجة حرارة سيل الحمم البركانية . لقد كان الترمومتر يشير الى حوالى ٨٠٠ درجة مئوية . ثم قفز الباحثان الى شاطئ الامان وعادا الى المحطة معلنين انهما قد أديا المهمة المطلوبة .

وهاكم حادثة اخرى تعتبر من الحوادث العادية فى حياة بحاثة البراكين. لقد القيت على عاتق العالم هنرى

شتنبرج ، رئيس فرقة طبيعة البراكين ، مهمة القيام بابحاث على الصخور فى فوهة بركان افاتشنسكى فى كامتشاتكا واخذ عينات من الغازات البركانية فيها . نزل الباحث الى فوهة البركان وترك جانبا حقيبة العمل التى كان يحملها معه واخذ عينات من الصخور المطلوبة وعينات من الغازات فى اسطوانات (بالونات) خاصة . وعندما انتهى من عمله لاحظ ان الحقيبة التى تركها على احدى الصخور قد احترقت تماما . وعندما قام بقياس درجة حرارة هذه الكتلة الصخرية وجد ان الترمومتر يشير الى اكثر من ٤٠٠ درجة مئوية . وقد مكث عالم البراكين ومعاونوه فى فوهة البركان اكثر من ساعتين ونصف وغادروها عندما بدأت الغازات البركانية تنفذ الى اجهزة الاوكسيجين التى كانوا يلبسونها .

ما الذى يدعو البحاثة الى تسلق البراكين والوصول الى القمة الملتهبة، الى الجحيم نفسه. لماذا يخاطرون ويصرون على الحصول على معلومات ، عن درجة الحرارة ، والضغط ، وعن تركيب الغازات وغيرها ؟

للحصول على ردود هذه الاسئلة دعونا نعرج على شارع دوشنسكى بموسكو . هناك سوف نرى شيئا ما

يشبه البراكين . نعم ، فى موسكو فى شارع دوشنسكى سوف نرى كتلا صخرية مصهورة ملتهبة ، لكنها مصهورة بطرق صناعية تراوحت درجة الحرارة خلالها بين ١٠٠٠ و ١٢٠٠ درجة مئوية . وينصح علماء البراكين باستخدام الصخور البركانية القاعدية — اى البازلت فى هذه العملية. لقد تعلمنا هنا فى مصنع صهر الصخور ، صهر البازلت وصبه فى قوالب خاصة وتكييفه على شكل انابيب والواح واشياء اخرى كثيرة . ومن مميزات مصنوعات البازلت — اى الاشياء المصنوعة من البازلت ، انها لا تتأثر بالاحماض كما انها تتحمل درجات حرارة عالية جدا . لذلك ، فقد حلت الادوات المصنوعة من البازلت محل الادوات المعدنية فى بعض المصانع وفى الواقع ما هذه الامثلة ، الا نتائج تطبيقية للابحاث التى يقوم بها علماء البراكين .

ومن التطبيقات العملية ايضا استغلال الطاقة الحرارية البركانية او كما يسميها خبراء الطاقة بالفحم الاحمر ، فى الاغراض الصناعية. ففى ايطاليا ونيوزيلا ندا وفى مناطق اخرى عديدة فى العالم يستغل بخار الماء المتصاعد بالقرب من مستودعات الماجما ، فى

توليد الطاقة الكهربائية . كما بدأ في الاتحاد السوفييتي ايضا استغلال الطاقة الحرارية البركانية. ويجرى في كامتشاتكا الآن فعلا بناء محطة لتوليد القوى الكهربائية ، يتلوها بناء محطات اخرى .

ان ما يهم علماء البراكين من الدراسات المختلفة للظواهر والقوانين المرتبطة بنشاط الماجما هو ما يتعلق بتكون الرواسب المعدنية وتركيبها . فاذا كانت المادة المجهولة التي تتكون منها طبقة الستار الارضي ، هي المصدر الذي تولدت منه جميع الرواسب المعدنية ، فليس امامنا الا مواصلة البحث الشاق لكي نصل الى هذه الطبقة ، وحتى نستطيع ان نقرر ، ما هي الحالة التي توجد عليها هذه الطبقة . قد تكون هذه البراكين ما هي الا قنوات تقوم بتوصيل المادة المجهولة المكونة لطبقة الستار الارضي الى سطح الارض . وقد تختلف صورة هذه المادة المجهولة عند اندفاعها الى سطح الارض عن تلك الصورة التي كانت عليها في باطن الارض .

ومن اجراء دراسات على البراكين يمكن الحصول على معلومات كثيرة ومقبولة عن طريقة تكون الصخور البركانية وعن طبيعة نشاط البراكين المختلفة .

ولكن ثمة امورا كثيرة ما زالت محل نقاش وجدل وتتطلب البحث الشاق حتى يمكن الفصل فيها . فعلى اى الاعماق توجد المستودعات التى تمد البراكين المختلفة بالماجما ؟ وما هو تركيب المادة المكونة لطبقة الستار الارضى ، وما هى العلاقة بين الايدروكربونات المتصاعدة من البراكين اثناء ثورتها ــ والماجما ؟ ثم كيف تنشأ او تتكون الماجما نفسها ؟ . للاجابة على هذه الاسئلة ، اعتقد انه من المفيد ان نستعرض شيئا ، عن تاريخ التصدعات والفلوق التى حدثت فى القشرة الارضية ، على مر العصور الجيولوجية المختلفة . اذ ان مناطق التصدعات والشقوق الارضية هى انسب الاماكن التى تسمح بخروج الماجما الى سطح الارض وتترك أثرها عليها .

جندفان ــ القارة الفانية

يقول علماء البراكين انه يكفى أن يتغير الضغط الواقع على طبقة الستار الارضى لكى تتدفق الحمم البركانية من خلال الصدوع والشقوق الموجودة فى القشرة

الارضية ، الى سطح الارض . ويؤكدون ايضا بأن المادة المكونة لطبقة الستار الارضى ، على الرغم من درجة حرارتها العالية ، فانها توجد على حالة من الصلابة نتيجة للضغط الشديد الواقع عليها والذى يمنع تحولها الى مواد منصهرة . نعم ، لقد كان من الاجدر التعمق بدراسة الصدوع والشقوق الموجودة فى القيام الارضية .

لقد عرض على احد الاصدقاء ، القيام برحلة سياحية حول القارة الافريقية ، واعلنت موافقتى فى الحال . اذ كنت اتوقع أن ارى اثناء الرحلة مناطق الصدوع والفلوق العظيمة. اولى هذه المناطق ، التى تقابلنا عند خروجنا من البحر الاسود ، هى مناطق البوسفور والدردنيل .

ثم توالت على الطريق بعد ذلك اثار وبقايا القارة المجهولة جندفان . ان هذا الاسم مشتق من كلمتى جند ، وتعنى قبيلة أو عشيرة ، وفان وهى اسم بلاد فى الهند . ويطلق هذا الاسم ، على القارة العظيمة القديمة ، التى تحتل مكانها الآن ــ كما يقول العلماء ــ الهند واستراليا وافريقيا وامريكا الجنوبية ، كما كانت تقع فى حدود هذه القارة ، مناطق شاسعة ، يغطيها الآن المحيط الهندى ، والمحيط الاطلنطى .

هنا سوف نرى اثار تلك الصدوع والفلوق التى دمرت هذه القارة العظيمة وتسببت فى زوالها . لقد حدث هذا الدمار منذ عشرات الملايين من السنين .

وانتظرت بفارغ صبر ، اللحظة التى سوف تعبر فيها الباخرة «دزيرجنسكى» البوسفور . يقول الجيولوجيون ، انه منذ مليون سنة ، فى بداية العصر الرباعى (quaternary) كان البحر الاسود ، عبارة عن بحيرة مغلقة ، كما هو الحال الآن فى بحر قزوين ، غنية بمختلف انواع الحيوانات التى تتلاءم مع ظروف الحياة فى المياه العذبة . وقد كانت نسبة الملوحة فى هذه البحيرة ، منخفضة جدا ، نتيجة للكميات الكبيرة من المياه العذبة ، التى كانت تنصب فيها من انهار دنيستر ، الدنيبر ، الدون والدانوب . واثناء الكارثة ، حدث أن تصدع جزء كبير من القشرة الارضية ، مما ادى الى نشوء ممر مائى ، اندفعت من خلاله ، مياه البحر الابيض المتوسط ، المالحة ، الى البحر الاسود . وهنا لم تستطع حيوانات البحيرة العذبة من أن تتكيف مع التغير المفاجئ فى ظروف الحياة ، وقضى عليها جميعا . وحتى ايامنا هذه ، فان مياه البحر الاسود ،

ما زالت ملوثة بغاز كبريتيد الايدروجين الذى ينتج من عملية تعفن المواد العضوية. وتبدأ المنطقة الملوثة من عمق ٢٠٠ متر من سطح البحر حتى القاع . لذلك فان الحيوانات البحرية ، يمكنها أن تعيش ، فى المناطق القريبة من السطح فقط . اما الاعماق ، فتكاد تنعدم الحياة فيها كليا .

واخيرا ، ها هو البوسفور بفيلاته الفخمة الجميلة ، ومساجد اسطمبول القديمة ، ذات المآذن والقباب المتعددة . ويبدو لمن يزور مدينة اسطمبول لاول وهلة التناقض الواضح بين اسطمبول القديمة ، والحى التجارى الجديد ، المبنى على الطريقة الامريكية .

فى مناطق البوسفور والدردنيل ، استطعت أن ارى بوضوح ، شرفات النهر (river terraces) المتكونة على جوانب المضيق . من المعروف أن شرفات النهر تتكون فقط فى مجارى الانهار وهى الدليل الجيولوجى الذى يبين التغيير الذى يحدث فى منسوب سطح البحر . وتنعكس صورة هذا التغيير على شواطئ الانهار التى تصب فى البحر . ولم يكن هناك أى اثر للفلوق المفروض وجودها على جانبى الصدع .

لكن ، عندما استشرت المختصين فى هذا الموضوع ، اخبرونى بانه قد تكون المياه المتدفقة الى المضيق قامت بغسل وازالة كل الاثار التى كانت موجودة على جانبى المضيق وتركت فقط الشرفات النهرية .

بعد ذلك بدأنا الاقتراب من منطقة جديدة من المناطق التى كانت مسرحا للحركات الارضية العنيفة ، منذ عدة ملايين السنين . وقد عقدت العزم على أن ارى هذه المنطقة بأناة .

يقول بعض العلماء انه تكونت منذ حوالى ٦٠ ــ ١٠٠ مليون سنة ، فى مناطق البحر الاحمر واعالى النيل الحالية ، حتى جنوب افريقيا ، تكونت ببطء سلسلة من التموجات الضخمة فى طبقات القشرة الارضية . كما بدأ تكون تموجات أو طيات فى القشرة بلغت سعتها أو ارتفاع قمتها اكثر من كيلومتر . بعد ذلك تعرضت المنطقة لزلزال شديد حولها الى منخفض عظيم . وكان من نتيجة الزلزال ، أن تدفقت الحمم البركانية من خلال الصدوع والفلوق وكونت حقلا كبيرا من الصخور البركانية .

توجد فى افريقيا مجموعتان رئيسيتان للتصدعات

الارضية . المجموعة الاولى تسمى بالمجموعة الاريترية اما الثانية ، فتسمى مجموعة شرق افريقيا . وتشمل المجموعة الاولى ، منطقة البحر الاحمر . والثانية تمتد حتى أعالى النيل ، عند مناطق بحيرات تنجانيقا والبرتو وكيفو ، حيث تنقسم الى عدة مجموعات فرعية ذات اتجاهات مختلفة . ثم تعود فتتجمع فى مجموعة واحدة فى المناطق الجنوبية من القارة الافريقية . ولكن للوصول الى هذه المناطق ، كان علينا أن نعبر قناة السويس ثم الدخول الى البحر الاحمر .

لست ادرى اذا كنت فى ذلك الوقت ، فى حالة شديدة من الريبة ام انه فى واقع الامر ، لم تكن هناك شواهد ودلائل واضحة تؤكد ما قرأته فى المؤلفات العلمية . لقد اصبت بخيبة امل كبيرة ، عندما عبرت البحر الاحمر وخليج عدن ،. ولم أر اثارا واضحة ، لمجموعة الفلوق والصدوع الارضية ، التى تبينها الخرائط الجيولوجية .

توقفنا عدة مرات فى الطريق وجرت خلالها بعض اللقاءات والزيارات اللطيفة . وقد اعجبنا جدا بمنظر المنطقة التى يلتقى فيها المحيطان : مياه المحيط

الهندى ومياه المحيط الاطلنطى . اذ أن مياه المحيطين ، تختلف اختلافا كليا ، فى اللون . اننى لم استطع ، مقابلة الجيولوجيين الذين يعملون فى هذه المناطق ، كما لم استطع رؤية الصخور البركانية . فهناك ، فى الاماكن التى كان من الممكن رؤية الصخور البركانية فيها ، ابحرت الباخرة بعيدا جدا عن الشاطئ ، تاركة وراءها مدينة رأس الرجاء الصالح ، حتى اصبح من المتعذر رؤيتها . وفى المناطق التى كان من الممكن مقابلة الجيولوجيين فيها قيل لنا ، انهم خرجوا الى مناطق البحث .

لقد تجمع المسافرون على سطح الباخرة وطلبوا منى أن اقص عليهم بعض الاساطير عن قارة اتلانتيا . فاخذت اروى لهم ، كيف نشأت منذ غابر الازمنة ، أسطورة تقول انه كانت توجد قارة قديمة إسمها اتلانتيا ، ربما كانت تقع فى الاطلنطى أو ربما كانت فى أى مكان آخر . وكان افلاطون اول من روى هذه الاسطورة منذ حوالى ٤٠٠ سنة قبل الميلاد . وقد عرف افلاطون بهذه الاسطورة ، من جده الاكبر الحكيم سولون ، الذى علم بها بدوره ، من الكهنة المصريين القدماء .

يقال ان قيصر قارة اتلانتيا في ذلك الوقت ، اراد أن يستعبد ويذل شعب اثينا وفي المعركة الحاسمة انتصر الاثينيون ، وفي الحال ، هوت اتلانتيا بجميع سكانها ، الى قاع البحر .

يا لها من فروض وآراء كثيرة مختلفة، قيلت حول المكان الذى كانت تقع فيه هذه القارة الزائلة . قيل انها كانت توجد في بحر ساراغاسوف ، كما قيل انها كانت تقع في ارمينيا ، وفي السويد ، وفي القوقاز ، وايضا قيل انها كانت تقع في مصب نهر النيل . ومنذ عهد قريب صرح الاكاديمى السوفييتى ناليفكين بان اسطورة اتلانتيا تعكس بعض الحقائق الناقصة عن جزيرة جرينلاند .

ان الابحاث المختلفة ، التى اجريت في السنوات الاخيرة تلقى الضوء على طريق الاجابة على هذا اللغز المحير . فلقد اهتم البروفسور جيروف بهذه المسألة واخذ يجمع الحقائق الواردة والمتطابقة ، في كثير من الاساطير والتقاويم المختلفة . فمثلا يبدأ التقويم السنوى عند الاشوريين والبابليين القدماء بحادثة ، وقعت منذ

١١٥٠٠ سنة . وهو تقريبا نفس الوقت الذى بدأ فيه تيار الخليج الدافئ بالتدفق الى الشمال . وقد اجريت الابحاث اللازمة لمعرفة زمن تدفقه الى الشمال بالطرق الذرية . واتضح ايضا أن تيار الخليج الدافئ لم يتجه نحو الشمال مدة ١٢ الف عام مضى ، وبعد زمن معين تحول هذا التيار الى الشمال واحدث دفأ مفاجئا ، كان من نتيجته أن ذاب الجليد وتكونت بعض المستنقعات . وفى احدى المستنقعات ، بمنطقة التايمير سقط ماموث (احد اسلاف الافيال المنقرضة) وعثر على عظامه مؤخرا . ومن الدراسات التى اجريت على عظام هذا الماموث لتقدير الازمن الذى مضى على بقائه فى هذا المستنقع ، بالطرق الذرية ، تبين أن هذا الحيوان ، قد لقى حتفه منذ حوالى ١٢ الف سنة .

وعندما قامت مجموعة من العلماء الامريكيين ، بدراسات وابحاث مختلفة ، على تركيب صخور قاع المحيط الاطلنطى ، وجدت فى عدة عينات من هذه الصخور آثار رماد بركانى ، تجمع فى قاع المحيط ، منذ ١٢ الف سنة ايضا .

ويستنتج الاستاذ جيروف من وجود كل هذه

الحقائق بانها جميعا مرتبطة ارتباطا وثيقا بحادثة فناء قارة اتلانتيا .

ومن المحتمل أن تكون القارة القديمة التى تدمرت ، وانقسمت والتى هوت اقسام منها الى قاع المحيط ، قد قامت بتحطيم السد الذى كان يمنع وصول مياه خليج المكسيك والبحر الكاريبى الى الشمال . وقد رافقت هذه الكارثة ثورات بركانية عنيفة ، تدفقت بنتيجتها سيول الحمم البركانية ، خلال الصدوع والفلوق التى حدثت فى القشرة الارضية ، الى سطح الارض. وما وجده العلماء الامريكيون فى قاع المحيط الاطلنطى ، إلا آثار هذا الرماد البركانى .

وهناك واقع آخر . فمنذ حوالى ١٠٠ عام ، عندما كان العمل يجرى لمد خط اتصال بين لندن ونيويورك ، فى قاع المحيط الاطلنطى انقطع هذا الخط . وبمساعدة رافعات ضخمة مزودة بعدد من الخطافات ، جرى رفعه الى السطح . وعند رفع الخطافات وجدت قطع من صخور قاع المحيط الاطلنطى ، عالقة بها . وقد اتضح أن هذه الصخور عبارة عن حمم بركانية متصلبة . ويؤكد الاخصائيون ، أن هذه الصخور قد تصلبت على

سطح الأرض وليس فى قاع المحيط ، وهذا ما يؤكد مرة اخرى ، وجود قارة اتلانتيا .

وتحت تأثير الرحلة والمناقشات المختلفة التى جرت ، نشأت عندى فكرة كتابة رواية علمية ــ خيالية . وقد وضحت فى ذهنى الخطوط الرئيسية للرواية.

ها هى بعثة جيولوجية انطلقت على ظهر سفينة فضاء ، فى رحلة الى القمر . وقد زودت هذه البعثة بجميع الاجهزة العلمية ذات الكفاءة العالية . ومن بين هذه الاجهزة جهاز الزمن . وطلب من الباحثين أن يضعوا هذا الجهاز (جهاز الزمن) فى احدى الفوهات البركانية على سطح القمر وان يوصلوا هذا الجهاز ، بالة تصوير سينمائية فى اتجاه الكرة الارضية .

واخذت افكر مليا . كيف يمكن عرض جميع الاحداث التى تعرضت لها الكرة الارضية منذ وقت طويل ، على سكان كوكبنا الارضى . وهنا برز سؤال اساسى ومحير فى نفس الوقت . ما الذى يمكن عرضه ؟ أهو رأى احد الجيولوجيين أم رأى احد الجيوفيزيائيين ، ام هو رأى باحث آخر ؟ أى رأى من هذه الآراء من الانسب عرضه بواسطة الشريط السينمائى ؟

قال العلماء الهنود الذين قاموا بالدراسات المختلفة عن الارض ونشأة العالم فى الماضى ان الارض فى وقت من الاوقات كانت منقسمة الى سبع قارات . وكانت هذه القارات مرتبة بالنسبة لمركز كوكب الارض ، وهو جبل ميرو ، كترتيب وريقات زهرة اللوطس . بعد ذلك بدأت هذه القارات تسبح مبتعدة عن هذا المركز مكونة فيما بينها المحيطات . وفى عام ١٨٧٧ أكد الفلكى الروسى بيخانوف هذا الرأى تقريبا . لقد لاحظ التطابق العجيب بين شواطئ القارة الامريكية والشواطئ المقابلة لها من قارتى افريقيا واوربا . وقد افترض بيخانوف بناء على ذلك ، بانه فى وقت ما ، كانت توجد قارة واحدة انقسمت الى عدة اجزاء ، ومنذ ذلك الوقت وهذه الاجزاء فى حركة ابتعاد مستمرة .

بعد مضى حوالى ٣٣ سنة على اعلان رأى بيخانوف ، كرر الجيوفيزيائى المشهور الفريد فيجينير نفس الفكرة ، حتى ان فرض القارات السابحة اصبح يحمل اسمه. يفترض فيجينير انه منذ زمن بعيد كانت توجد قارة واحدة أسمها بانجيا — وتعنى الارض باكملها — انفصلت الى عدة اجزاء فى ترتيب يشبه وريقات زهرة اللوطس .

بدأت هذه الاجزاء تسبح مبتعدة عن بعضها مكونة فيما بينها المحيطات المعروفة الآن ، وتحتل هذه الاجزاء القارات الحديثة .

لقد فرضت ان البعثة الجيولوجية التى سوف تطير الى سطح القمر ، سوف تقوم بتصوير لحظات تصدع القشرة الارضية والثورات البركانية العاصفة ، التى تعرضت لها الكرة الارضية . وكذلك عملية انفصال القارات المختلفة التى كونت فيما بينها المحيطات .

يعلم هواة التصوير السينمائى انه يوجد ما يسمى بالتصوير التسيترافيرنى او الخدع السينمائية ، فمثلا توضع آلة التصوير امام زهرة لم تنفتح بعد وتلتقط صورة لها كل نصف ساعة . بعد ذلك يعرض الفيلم على الشاشة بالسرعة العادية . سيرى المتفرج امامه ، برعم زهرة يتفتح بسرعة ويتحول الى زهرة جميلة رائعة . وهكذا قررت استعمال التصوير التسيترافيرنى فى روايتى العلمية ــ الخيالية ، من احدى الفوهات البركانية الموجودة على سطح القمر لكى اعرض عليكم قصة انفصال القارات .

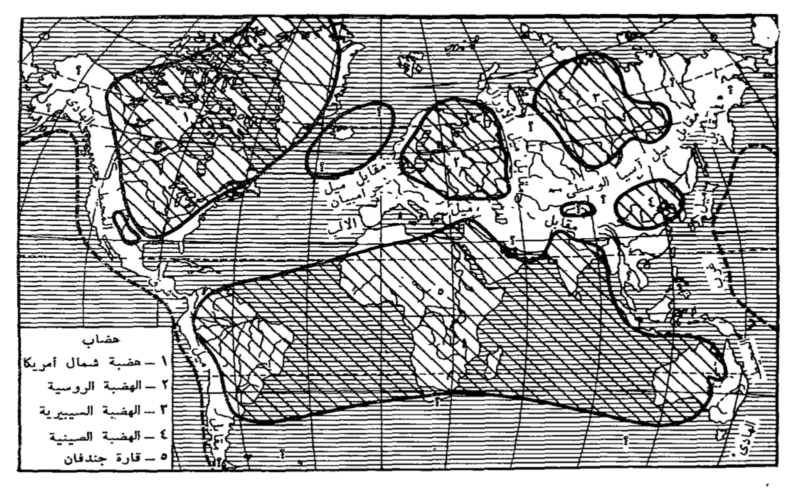
نحن الآن فى صالة العرض . لقد اطفئت الانوار ببطء وبدأ عرض الفيلم . بدأت تتتابع امامنا الصورة تلو

الاخرى تعرض حالة الفوضى والتشويه التى كانت عليها الارض منذ ملايين السنين . وقد بدت لنا حدود القارات غريبة وغير عادية . الارض كلها ــ قارة واحدة ، يحيط بها محيط عالمى . وقد اندفع الكوكب الأرضى بسرعة كبيرة امام المتفرجين . لقد سجل هذا الجهاز ، جهاز الزمن ، بعض اللحظات من ماضى الكرة الارضية على نطاق واسع . وقد انتشر على شواطئ المحيط بساط سندسى اخضر ، من بعض النباتات المعروفة ذات الاشكال الغريبة . لقد نقلنا جهاز الزمن هذا الى الماضى ، الى عالم النباتات الدكسونية (tree-jerns) ونباتات ذيل الفرس(horse-tail) ونباتات الحزازيات الصولجانية (club-moss) وغيرها . وعلى شاطئ بحيرة كان يجلس مخلوق عجيب يشبه غولا ذا فكى تمساح، على جذع شجرة قديمة نمت عليه الفطريات المختلفة . وكان رأس هذا الغول مغطى بطبقة صلبة وبجواره يمكن رؤ ية بقايا حيوان ضخم يشبه الضفدعة . ومن الواضح انه قد انتهى منذ لحظات الصراع العنيف ، من اجل البقاء . وفوق ارض المعركة ، كانت تحوم اعداد كبيرة من الجراد الضخم ذى الاجنحة الخفيفة .

ان رأس هذا المخلوق الذى يشبه التمساح ، والنباتات المنتشرة ومظهر العالم ، كلها تؤكد اننا امام احدى مراحل التطور البدائى القديم . وقد اجمع العاملون فى حقل علم الحفريات (paleontology) الذين شاهدوا هذا العرض على أن مجموعة النباتات والحيوانات هذه تنتمى الى العصر الكربونى ، احد العصور الجيولوجية التى كانت منذ حوالى ٣٠٠ — ٣٢٠ مليون سنة .

ومرة اخرى بدأت سرعة العرض تزداد . ومن جديد ظهرت الارض امامنا وتوقفت الارض عن الدوران للحظات ، وبدأت القارة العظيمة تتصدع وتتحطم. ان الاتجاه الرئيسى للتصدعات يمر بكل من امريكا الشمالية وامريكا الجنوبية وافريقيا وقارة انتاركتيدا واستراليا . ثم انفصلت القارات فى شكل يشبه ترتيب وريقات زهرة اللوطس ، بالضبط كما ورد فى الاساطير الهندية . وامام اعيننا تكون المحيطان الاطلنطى والهندى ، اللذان يفصلان بين القارات .

وقد استمرت هذه العملية اكثر من ٣٠٠ مليون سنة وقد استطعنا بالة التصوير التسيترافيرنى رؤية العملية باكملها فى عدة ساعات فقط .



الموضع المفترض لقارة « جندفان » منذ أكثر من ثلاثمئة مليون سنة

بعد ذلك عرض علينا فيلم آخر ، عن تاريخ الكرة الارضية ايضا ، ولكن بدون الاعتماد على آراء فيجينير ، بل بالاعتماد على آراء شتاووب . لقد اعتبر العالم الالمانى ان تاريخ تطور الكرة الارضية ما هو الا حركة دائمة لقارتى جندفان ولاورازى — التى تحتل الآن قارات اسيا واوروبا وامريكا الشمالية . وبتأثير قوة الطرد المركزية فقط حدث تصادم بينهما ، كان من نتيجته تحطم القارتين وانقسامهما الى قارات اخذت جميعا تسبح باتجاه القطبين . فحسب رأى فيجينير فان هذه القارات تسبح بهدوء وتبتعد عن بعضها فى اتجاه عرضى . وحسب رأى شتاووب فانها تتحرك فى اتجاه خط الزوال أى فى اتجاه خطوط الطول .

ولم يكن فيجينير أو شتاووب فقط اصحاب الفروض والآراء التى تتعلق بتاريخ الكرة الارضية . فقد بلغت الفروض المختلفة المتعلقة بنظرية تكون سلاسل الجبال التى توجد على سطح الكرة الارضية اكثر من خمسمئة فرضية . وتخيلت نفسى مصور الفيلم موجودا على سطح القمر فى احدى الفوهات البركانية . كيف يمكن تغيير الفيلم فى آلة التصوير التسيترافيرنى

حتى يكون باستطاعته أن يعرض علينا ٥٠٠ فرض مختلف عن نظرية فناء قارة جندفان .

والرأى الحديث عن فناء قارة جندفان لا ينطبق مع الصورة التى ترسمها لنا آراء كل من فيجينير وشتاووب . وبناء على الفروض الحديثة فان الحركات الرأسية التى تعرضت لها الكرة الارضية لعبت دورا كبيرا فى عملية فصل القارات وازاحتها . فنتيجة للصدوع والفلوق التى تعرضت لها قارة جندفان ارتفعت اجزاء متفرقة منها وانخفضت اجزاء اخرى . ويفترض العلماء بان جزءا من قارة جندفان قد انخفض فى المنطقة التى يحتلها الآن المحيط الهندى . ان الجزر المختلفة الواقعة فى هذا المحيط هى قمم السلاسل الجبلية العالية التى كانت موجودة فى هذا المكان من القارة قبل انخفاضها . وربما كانت مناطق المحيطين الهادئ والاطلنطى المتاخمة لامريكا الجنوبية وافريقيا ، كانت فى وقت ما ايضا اجزاء القارة العظيمة الواحدة (جندفان) ثم هوت الى القاع بفعل الحركات الارضية المختلفة .

وما هى النتيجة ؟ لقد تجولت سائحا وراء التصدعات والفلوق التى تعرضت لها قارة جندفان وبعض اجزاء

لاوُرازی . ولكن لم أر أی اثر لها علی الاطلاق . وهنا
لا یسعنی طبعا الا أن اثق بما یقوله زملائی الجیولوجیون
والجیوفیزیائیون . ولكن كثرة الفروض والآراء المختلفة
والمتعارضة تجعلنی ان اشك فی كثیر من الحقائق
المتفق علیها . ان النشاط البركانی یمكن ان یخضع
لقوانین معینة ــ هذا حق . لكن هل تخضع جمیع
البراكین لهذه القوانین المعینة ؟ وهل بحث كل شیٔ
فی النظریة المجماتیة ــ بدقة ؟ ربما تكون الحقائق
التی یعتمد علیها ، یتفق علیها الجمیع . ولكن ، ألا
نری انه لا تصلح هذه الحقائق حتی الآن لایجاد تعمیم
نظری شامل لهذه النظریة ؟

المجموعات الصخرية

تقول الاساطیر الهندیة ان الاله « براما » كان
الموجه والمتحكم فی العالم . ففی الفترات التی یكون
فیها الاله براما مستیقظا ، كان یبنی ویعمر ، وفی
فترات راحته ونومه كان یهدم ویدمر كل ما یكون قد
انشأه . وفی تلك الاوقات ــ اوقات الهدم والتدمیر ،

كانت تشب الحرائق وتنهمر السيول وتحدث الطوافانات وتصبح الارض مسرحا للنكبات والكوارث المختلفة . وهكذا تتابعت الاحقاب والعصور الجيولوجية ، عصر بناء وعمران يليه عصر تدمير وفناء .

يعلم الجميع رأى الفيلسوف اليونانى القديم هيراقليت ، الذى عاش منذ حوالى ٥٠٠ سنة قبل الميلاد . يقول الفيلسوف اليونانى « ان العالم يعانى من تغيير مستمر ، وان عصور الهدم والتدمير تتلوها فترات بناء وتعمير . ان العالم كان وسيظل نارا حية تتأجج وتلتهب بنظام عام وتخبو بنظام عام ايضا » .

ومن الواضح ان هذا الافتراض عن تتابع عصور التدمير والبناء مبنى فقط على المشاهدة . لقد لاحظ علماء التأريخ القديم العمل الجيولوجى الذى تقوم به امواج البحر كعامل من عوامل التعرية ، كما شاهدوا كيف تدمر وتزول الجبال ، وعانوا الكثير من الهزات الارضية العنيفة والانهيارات المختلفة وايضا تدفق الحمم البركانية . لكنهم ، حتى ذلك الوقت لم يكن لديهم الفهم العلمى الصحيح للظواهر والقوانين العامة التى تتحكم فى حياة الكرة الارضية .

ولو استمرت قصتنا الخيالية وواصلنا تصوير وعرض سطح الارض من احدى الفوهات البركانية الموجودة على سطح القمر ، التى بدأناها بمساعدة اجهزة الزمن الخاصة ، لرأى الباحثون اجزاء متفرقة من سطح الكرة الارضية تهبط وترتفع . على ان مقدار هذا الانخفاض والارتفاع فى الاجزاء المختلفة من سطح الكرة الارضية هائل للغاية . فالارتفاع الذى يحدث لشواطئ الخليج الفنلندى مثلا ، يبدو لاول وهلة انه بسيط . اذ ان هذه الشواطئ ترتفع بمعدل متر واحد فقط كل مئة عام . لكننا لو صورنا هذه الحركة على مر ملايين السنين ، وبمساعدة آلة التصوير السينمائى هذه التى تسجل عملية الارتفاع والانخفاض التى تحدث فى اجزاء مختلفة من سطح الكرة الارضية ، لظهرت امام المتفرجين صورة عجيبة تماما . لقد ارتفعت جبال القوقاز هذا الارتفاع الكبير مثلا ، حوالى ٥٥٠٠ متر عن سطح البحر ، فى فترة زمنية تبلغ حوالى خمسة او سبعة ملايين سنة . وفى فترة زمنية مماثلة لذلك ارتفعت ايضا جبال الهملايا وجبال بامير وغيرها من الجبال الى ارتفاعات اكثر بكثير من جبال القوقاز . وماذا تعنى سبعة ملايين سنة من عمر كوكبنا الارضى ؟

وكذلك انخفضت أجزاء اخرى من سطح الكرة الارضية . اننا لم نستطع بمساعدة آلة الزمن ان نتابع مصير هذه الاجزاء المنخفضة اذ يتحتم علينا استعمال نوع من الاشعة يمكننا من اضاءة طبقات الماء التى تغطى هذه الاجزاء . ولو تمكننا من هذا لرأينا على شاشة السينما اجزاء كبيرة من سطح الكرة الارضية قد اصبحت فى عالم الاعماق السحيقة ، بعد ان هبطت الى عمق ١٠ او ١١ كيلومترا تحت سطح المحيط العالمى فى فترة زمنية قصيرة نسبيا . ولاستطعنا كذلك ان نرى ان قاع المحيطات غير مستقر ، ودائم الحركة .

ان الآلة التزامنية (السنكروترون) الموجودة فى جنيف لا تستطيع ان تعمل الا فى فترات الهدوء الشامل . ولقد اتضح ان اى اهتزاز بسيط ، فى سطح القشرة الارضية والذى قد يحدث نتيجة لحركات المد والجزر على بعد مئات الكيلومترات من موقع هذه المحطة يؤثر تأثيرا كبيرا على عملها . ونتيجة لهذه الاهتزازات الارضية لا تستطيع الآلة التزامنية فى جنيف ان تعمل الا ٣٠ ساعة فقط فى الاسبوع . اما فى باقى ساعات الاسبوع فان الآلة لا تستطيع العمل بسبب اهتزاز وتذبذب القشرة

الارضية فى سويسرا . ومعلوم ايضا ان مدينة موسكو باكملها تعانى يوميا من حركات موجية تبلغ سعة ذبذبتها حوالى نصف متر ، وان هذه الحركات الموجية ناتجة عن حركات المد والجزر ، اليومية ، وعن تأثير القوة الجاذبية لكل من الشمس والقمر على الارض .

ويدور الآن جدال ونقاش طويلين حول هذه القوى التى تسبب الحركات المختلفة فى القشرة الارضية ، على الرغم من اننا نعلم جيدا النتائج الجيولوجية المتأتية من هذه الحركات ، بل ويمكن تحديد هذه النتائج فى اية لحظة من لحظات العمل الجيولوجى . بماذا نعلل اسباب انخفاض اراضى هولندا بينما ترتفع فى نفس الوقت اراضى فنلندا ؟ لماذا ارتفعت جبال بامير والهملايا هذا الارتفاع العظيم ؟ ما هو السر الذى يكمن فى عملية تكون السلاسل الجبلية ؟ اننا نأمل بان يستطيع العلم فى وقت ما اعطاء اجابات شافية على كل هذه الاسئلة .

هناك كثير من الفروض المختلفة حول هذا الموضوع . اذ يقول فريق من الجيولوجيين ان عملية تكون الجبال تنشأ اساسا من انكماش يحدث فى الكرة

الارضية بينما يرى فريق آخر انها نتيجة لتمدد الكرة الارضية . وثمة فريق ثالث يعتقد بأن الدور الرئيسى فى كل هذه العمليات تلعبه طبقة الستار الارضى . كما يعزو فريق رابع هذه العملية الى عوامل خارجية مرتبطة بالكون . وفريق خامس يعزوها الى حركة دوران الارض الذاتية (حول محورها). وهكذا تتعدد الآراء وتختلف .

وتؤكد الباحثة لوبيموفا التى تقوم بدراسة كيفية توزيع درجات الحرارة فى الكرة الارضية ، أن الكرة الارضية تعانى فى الوقت الحاضر من عملية انكماش وتقلص . وبناء على ذلك يتوقع الآن ان تقل الثورات البركانية ، التى كانت قوية وكثيرة منذ حوالى ٣٠٠ او ٤٠٠ مليون سنة .

كما يؤكد بالاوصوف ان الارض تعانى الآن من عملية تمدد نتيجة لسخونة وانصهار طبقات الصخور البازلتية المكونة لباطنها . ونتيجة لهذا يتوقع ان تشتد الثورات البركانية وتستمر . وبما انه من المعلوم ان حجم الجسم يزيد عند انصهاره ، فتحدث نتيجة لذلك الصدوع والفلوق المختلفة فى القشرة الارضية .

ويعتبر كل من كريلوف ونيمان ان كوكبنا الارضى يعانى الآن من عملية تمدد وان مناطق المحيطات تمثل ، من وجهة نظرهم ، المناطق التى يحدث فيها هذا التمدد . ولقد عرض كريلوف بعض النماذج الطريفة ، التى يعكس احدها المراحل الاولى لتكون كوكبنا الارضى ، والتى توجد بها سلسلة من الصدوع والفلوق التى تكاد تنطبق على سلسلة القنوات التى تظهر على سطح المريخ .

كيف يمكن التوفيق بين هذه الآراء المتباينة ؟ سوف ينشأ عدد كبير من الاسئلة والصعوبات عندما نبدأ بدراسة نشأة السلاسل الجبلية المختلفة وغيرها وكذلك تاريخ الكرة الارضية باكملها . فمنذ ٣٠ عاما ، كانت توجد فكرة واضحة عن مراحل التطور المختلفة التى مرت بها الكرة الارضية . فقد وضع العالم الالمانى المعروف جانس شتيل دراسة مفصلة عن مراحل التطور المختلفة للكرة الارضية ، وما يلازم هذه المراحل من تراكيب صخرية مميزة لها . يقول شتيل : « فى كل حقبة جيولوجية تترسب الطبقات الصخرية المختلفة ، ثم تصبح مسرحا للحركات الارضية المختلفة التى ينشأ

عنها طى الطبقات الروسوبية المتكونة ، وبناء سلاسل جبلية جديدة والقضاء على السلاسل الجبلية التى تكونت فى الحقب السابقة . وتتكون الطيات وسلاسل الجبال المختلفة نتيجة للحركات الارضية العنيفة . اما تجمع الصخور والرواسب المختلفة فيتم فى وقت تكون فيه الارض هادئة نسبيا .

وقد تكونت الفلوق والصدوع الارضية المشهورة نتيجة لهذه الحركات الارضية العنيفة واثناء عملية تكون الجبال المختلفة . وقد عانت اجزاء متفرقة من القشرة الارضية عندئذ من ارتفاع مفاجئ ، ادى الى تكون السلاسل الجبلية المختلفة فيما بعد .

وقدر شتيل عدد هذه التراكيب الصخرية التى تعكس تاريخ الكرة الارضية بما لا يقل عن ثلاثين تركيبا ، سميت بقواعد او قوانين شتيل . وفى احد المؤتمرات الجيولوجية الدولية اقترح على الجيولوجيين قبول هذه القوانين . ولكن هذه القوانين التى وضعها شتيل عن تتابع عصور تطور الكرة الارضية وعن الاحقاب الجيولوجية المختلفة التى تكونت فيها السلاسل الجبلية قوبلت بنقد شديد .

واعتقد ان شتيل نفسه قد ساهم فى حملة النقد التى وجهت اليه . اذ انه اعطى الفرصة لذلك بعدم تحديد عمر السلاسل الجبلية المختلفة بالدقة المطلوبة فى كثير من الاحيان . ذلك لانه عند دراسة الاحقاب الجيولوجية التى تكونت فيها السلاسل الجبلية يمكن بسهولة الوقوع فى اخطاء كبيرة ويعتمد الجيولوجيون فى ابحاثهم على ما يسمى بعدم التوافق (unconformity) فى الطبقات التى تكّون العمود الجيولوجى ، أو عدم التوافق فى ترتيب الطبقات الصخرية . ومظهر عدم التوافق هذا يتمثل فى زوال بعض الطبقات المكونة للسلاسل الجبلية ، نتيجة لعوامل التعرية المختلفة ، وترسب طبقات افقية اخرى تغطى الجزء المتبقى من الطبقة المعراة ، ولعدم التأثر بالحركات الارضية التى تعرضت لها الطبقات السفلى .

كم سنة تحتاج عملية هدم وازالة سلاسل جبال شبه جزيرة القرم والقوقاز ؟ طبعا سنين طويلة . والامر يتوقف على العوامل التى ستعمل على تعريتها وهدمها . أهى فقط امواج البحر ، أم يضاف اليها الانهار المختلفة التى تمزق بطونها والجليد الذى يعمل على تفتيتها .

عند نهر مزيميت القريب من مدينة سوتشى عثر العلماء
فى احدى المغاور على أدوات ترجع الى العصر الحجرى .
كان النهر فى ذلك الوقت يمر امام مدخل هذه المغارة
مباشرة اما الآن فان هذه المغارة تقع على ارتفاع ١١٠
امتار عن سطح ماء النهر ، وذلك نتيجة لعملية التعمق
المستمر فى مجرى النهر التى استمرت ١٠٠ الف عام ،
منذ العصر الحجرى . اى ان النهر استطاع ان يزيل من
الطبقات الترابية بمعدل متر واحد فى كل الف عام .

اذن ، ما هو الوقت اللازم لازالة سلسلة جبلية
يبلغ ارتفاعها ٥ او٧ كيلومترات . من المعروف ان سرعة
تأكل هذه السلسلة الجبلية سوف يعتمد على سرعة جريان
النهر وعلى مدى مقاومة الصخور المكونة لها ، وعلى
عوامل اخرى كثيرة . وقد وجدت وجهات نظر كثيرة
ومختلفة عن الامتداد الزمنى للمجموعات الصخرية
المختلفة . ومن بينها توجد نظريتان اعتقد انهما على
طرفى نقيض . النظرية الاولى هى نظرية الكوارث
(catastrophism) او نظرية الكوارث الحديثة
(neocatastrophism) والنظرية الاخرى هى نظرية

الارتقاء او نظرية الارتقاء الحديثة . ويقول اصحاب نظرية الكوارث الحديثة ان عملية تكون الجبال تظهر على شكل فوران يعم ويشمل مساحات شاسعة من الكرة الارضية . وبناء على ذلك ، فانها تحدث فى وقت واحد وفى اماكن متفرقة من سطح الكرة الارضية . لكن العلم فى ذلك الوقت قد ادان هذا الرأى الذى يدعى بوجود احقاب دمار تليها احقاب فناء شملت الكرة الارضية باكملها . وبناء على هذه النظرية فان جميع النباتات والحيوانات التى تعيش فى ذلك الوقت ، تموت وتحل محلها كائنات حية اخرى جديدة . وهذا يتعارض مع ما ورد فى الكتب السماوية مما جعل العلماء فى ذلك الوقت ينبذون هذه الفكرة .

وكان من الطبيعى ان تظهر فكرة امتداد واستمرار الظواهر الطبيعية المختلفة التى تؤثر على الكرة الارضية . وهكذا ظهرت نظرية التطور او الارتقاء . ويقول العلماء الذين يؤيدون نظرية التطور ، ان عملية تكون الجبال قد تستمر ملايين السنين . وقد اكد الاكاديمى السوفييتى شاتسكى بان سلسلة جبال القوقاز قد تكونت على مر عشرات الملايين من السنين . ورفض بشكل قاطع الرأى

الذى يؤمن بوجود « فصل بناء » السلاسل الجبلية.

ونعتقد الآن ان كلتا النظريتين غير صحيحتين . فعندما نقوم بدراسة آثار ونتائج العوامل الجيولوجية المختلفة ، ومن بينها عملية تكون السلاسل الجبلية ، كثيرا ما تواجهنا صعوبات كبيرة فى تقدير الزمن الذى استغرقته هذه العملية . وتحدث امام اعيننا حتى الآن زلازل ارضية مدمرة وثورات بركانية مختلفة ، وبالتالى عندما تنعكس نتائج هذه الظواهر على الصخور التى تبقى الدليل الوحيد الذى يدل على حدوثها ، سوف يكثر النقاش والجدل ، اكانت هذه الظواهر كوارث مدمرة ، ام انها كانت نتيجة تطور استمر فترة زمنية طويلة ؟

وعندما نقوم الآن بدراسة هذه الظواهر فاننا نقرر انه قد تحدث فى انحاء مختلفة كوارث ونكبات مفاجئة ، كالزلازل وما يصاحبها من ثورات بركانية عنيفة . ولكن اذا اخذنا فى اعتبارنا الكرة الارضية ككل ، فانه توجد ظواهر ضعيفة تافهة قد تستمر مدى ١٠٠ او ٢٠٠ او ٣٠٠ الف سنة فكيف يمكن تسميتها — كوارث ونكبات ، ام تطور ؟

في الواقع لا هذا ولا ذاك. وما هذه الا تقلصات تستمر فترة زمنية قصيرة تتكون نتيجة لها الصدوع والفلوق والبراكين وطيات الطبقات الصخرية ، ويحدث ارتفاع وانخفاض في اجزاء مختلفة من القشرة الارضية . وهذا شئ يختلف تماما عما يصوره لنا اصحاب نظرية الكوارث او اصحاب نظرية الارتقاء الجديد .

في السنوات الاخيرة ، وبمساعدة تقدير عمر الصخور بالطرق الذرية امكن بشكل تقريبي تقدير الفترة الزمنية التي تتكون فيها المجموعات والتراكيب الصخرية المختلفة . وقد اتضح انه على مر ثلاثة الاف مليون سنة من تاريخ تطور الكرة الارضية لا توجد اكثر من ٢٠ مجموعة صخرية رئيسية ، ترسبت كل منها في زمن يتراوح بين ١٠٠ او ٢٠٠ مليون سنة . ويمكن تقسيم كل مجموعة من هذه المجموعات الرئيسية الى عشرات ومئات المجموعات الفرعية التي يقدر زمن ترسبها بعدة ملايين السنين ، وهذه المجموعات الفرعية يمكن تقسيمها بدورها الى مجموعات اصغر وهكذا .

ان السجل الصخرى لتأريخ الكرة الارضية بدأ حديثا فقط في ازاحة الستار عن اسراره المختلفة . لهذا

فقط ، نشأت آراء وفروض مختلفة كثيرة عند القيام بدارسة كل هذه الظواهر .

الى جانب ذلك ، فان النقاش والجدل بين العلماء لا يحمل طابعا نظريا فقط . فمن المعروف جيدا ان عملية تكون الرواسب المعدنية ، سواء منها الفلزية او اللافلزية ، مرتبطة ارتباطا كليا بوجود المجموعات الصخرية المختلفة . اذ ان هذه المجموعات الصخرية تخلق الظروف الملائمة لتركز وتكون رواسب ذلك المعدن او ذاك . عندما تتعرض الطبقات الارضية لضغط ما ، فانه تحدث بها انثناءات او طيات على شكل تحدّبات وتقعرات متتابعة . ومن المعروف ان الطيات المحدّبة (anticlines) تكون انسب الاماكن لتجمع النفط . وفي مثل هذه المجموعة الصخرية يمكن ان يوجد النفط والغازات والمياه ، ولكن يوجد بينها سطح انفصال اذ ان كثافتها مختلفة . ففي الطبقات المسامية مثلا يوجد الغاز دائما على السطح يليه النفط الذي يطفو على سطح الماء . وفي المناطق التي تكون فيها السلاسل الجبلية طيات مقعرة (synclines) ، فانها ، وحسب قانون الاواني المستطرقة ، تمتلئ

بالمياه . وتسمى هذه المياه « بالمياه الارتوازية » (artesian waters) . ويكفى الحفر الى أية طبقة من هذه الطبقات لكى تندفع المياه على شكل نافورة . وفى كثير من المدن تكون الآبار الارتوازية (artesian well) هامة جدا او قد تكون المصدر الوحيد للمياه .

وترتبط ايضا بالمجموعات الصخرية المختلفة انواع الثورات البركانية والفلوق والصدوع وجميع الرواسب المعدنية التى تتلاءم وظروف المناطق النشيطة من الكرة الارضية . وهناك أناس وهبوا حياتهم وانفسهم من اجل ايجاد قانون عام ، يربط بين الحركات المختلفة فى الكرة الارضية ومجموعاتها الصخرية وبين الرواسب المعدنية المختلفة . لكننا نرى ان طريقهم شاق مملوء بالاحاجى والالغاز .

اقوانين هى ام الغاز ؟

هناك كثير من المبادئ الثابتة المتفق عليها فى علم الجيولوجيا . وما هذه المبادئ إلا القوانين التى تمثل القاعدة الاساسية لعلم الجيولوجيا. فكثير من هذه

القوانين توجد فى علم المعادن (mineralogy) وعلم البلورات (crystallography) ، كما وان كثيرا منها يدخل فى دراسة ظروف تكوّن الصخور .

اليكم هذا المثال . لقد استطاع العالم الروسى الشهير فيدوروف بمساعدة مبادئ التحليل الرياضى ، ان يقرر انه يوجد عدد محدود من القوانين التى تحكم بوجود المعادن فى الفراغ . وقد اثبت رياضيا ايضا انه يوجد فقط ٢٣٠ قانونا لتكون البلورات ، اى انه يوجد ٢٣٠ نظاما لتكون البلورات .

وقد رأى فيدوروف بنفسه صحة التحاليل الرياضية التى اجراها . فقد أكدت النتائج العملية التى اجريت على المعادن المختلفة ، الدراسات الطيفية بواسطة اشعة « اكس » ، صحة هذه الاستنتاجات واثبتت عمليا صلاحية هذه القوانين الرياضية .

وظهر ان هذه القوانين مرتبطة ارتباطا كليا بالتركيب الداخلى للذرة والتركيب الشبكى (lattice structure) للجزيئات وهى التى تحدد تركيب اية مادة من مواد عالم المعادن .

وفى بعض الاحيان يتسرع العلماء فى وضع

القوانين . الايعنى القانون وجود شئ ما ثابت وراسخ ودائم التكرار فى الطبيعة ؟ واذا كانت هناك ظاهرة ما لا تتكرر ، فانها تتعارض مع القاعدة العامة . وفى هذه الحالة يكون الحديث عن اكتشاف قانون جديد، سابق لاوانه . وبهذا الصدد يحدد العلماء تدريجا خاصا . يوجد هذا الاصطلاح بقانون اخصائى (statistical law) وذلك عندما تتكرر مرحلة معينة من عملية ما ، بطريقة منتظمة ، ولا تتكرر مرحلة اخرى . واذا انعدم التكرار المنتظم الدقيق فانه لا يمكن الحديث عن قانون ، ولكن يمكن الحديث عن نظرية او قاعدة . واذا كانت الاسس غير كافية لبناء نظرية او قاعدة علمية ، عندئذ يمكن شرحها بفرض ما ، مع العلم بان هذا الفرض يحمل فى طياته شيئا من الخيال العلمى المبنى على افتراضات مقبولة علميا الى حد ما . وفى علم الجيولوجيا تبرز هذه الظاهرة بشكل واضح . واليكم بعض الامثلة .

حتى انعقاد المؤتمر الجيولوجى العالمى السابع عشر كانت توجد قوانين كثيرة ، حول تكون الرواسب المعدنية . ولعل اكثر هذه القوانين قبولا ، كان قانون العالم الامريكى ايمونس . يتناول هذا القانون دراسة نظام

تكدس الرواسب المعدنية المختلفة فى الاماكن التي توجد بها ماجما . فمن الدراسات والتحليلات المختلفة لدرجات الحرارة التى تتبلور فيها هذه المادة أو تلك ، تمكن « ايمونس » من وضع قانونه الذى يحدد به مناطق تكدس الرواسب المعدنية المجماتية . وقد ظهر بوضوح انه بالقرب من مستودعات الماجما ، أو مناطق تدفقها ، حيث تكون درجة الحرارة اعلى ما يمكن ، تتصلب أو تتبلور المعادن المقاومة للصهر . اما على اطرافها فتتبلور تلك المادة القابلة للصهر التى يمكن تكونها عند درجات حرارة منخفضة نسبيا . بواسطة هذا القانون اصبح من السهل جدا وضع المبادئ الاساسية للبحث عن الرواسب المعدنية . فاذا وجدت منطقة صخور نارية أو مستودعا من مستودعات الماجما القديمة ، عليك أن تبحث هنا عن القصدير (tin) والموليبدنوم (molybdenum) والفولفرام (wolfram) تلك المعادن التى « تهوى » عناصرها درجات حرارة عالية . وكلما ابتعدت عن مركز الماجما كلما اختلفت مجموعة المعادن التى سوف تقابلك ، وذلك حسب القانون السابق . وفى المنطقة العليا للماجما سوف تجد المعادن

التى تحتوى على الليثيوم (lithium) والعناصر الأخرى القابلة للصهر .

لقد قوبل هذا القانون بتحمس واهتمام كبيرين من جميع العلماء ، وظهر اخيرا قانون بامكانه أن ينظم طرق البحث عن الرواسب المعدنية . ولكن ، ظلت تتوافد من بلدان مختلفة معلومات تفيد بان هذا القانون لا ينطبق على الواقع . وفى كثير من الاحيان ، كان من المستحيل تطبيقه على الاطلاق .

ولقد حاول الاكاديمى السوفييتى سميرنوف أن يوضح ما اعترض هذا القانون من عقبات . فطور ما يسمى بنظرية الانتفاضات الدورية (pulsation theory) وهى الى حد ما ، تتجاوب مع فكرة العالم الالمانى « بيرج » عن نظرية التداخل (telescoping theory) وهى ظاهرة وجود معادن ذات درجات حرارة منخفضة فى مراحل متقدمة على معادن ذات درجات حرارة عالية او العكس .

وتشرح النظرية عملية الانتفاضات التى تميز تدفق الماجما من المستودعات المجماتية اذ قد تتكرر عملية ثورة البركان وهدوئه مرات متعددة كما يقول

هيراكليت . وقد تكون هذه الانتفاضات أو الثورات نشيطة وقوية ، واحيانا ضعيفة . وعندما تكون الانتفاضات ضعيفة يمكن أن تجد بالقرب من المعادن ذات درجات الحرارة العالية ، أى معادن المولیبدنوم والفولفرام ، التى ترسبت اثناء الانتفاضات السابقة، يمكنك ان تجد معدن الليثيوم المميز لدرجات الحرارة المنخفضة او أى عنصر آخر من العناصر القابلة للصهر . ويحدث العكس عندما تكون الانتفاضة شديدة وقوية . وتصل الماجما الى ابعاد كبيرة من موقع مستودعها أى فوهة البركان الذى قذفها ، يكون من نتيجتها ترسيب معادن درجات الحرارة العالية حيث ينتج عنه التداخل .

لقد استطاعت نظرية التداخل من وجهة النظر المجماتية ، أن تبين أية معارضة لقيها قانون « ايمونس » لكن هذا القانون لم يستطع أن يعطى طريقة واضحة دقيقة للبحث والتنقيب عن الرواسب المعدنية .

وهناك مثال آخر . نظرية مقابلات الميل الارضية (geosyncline theory) او مناطق تكون الطيات الارضية . لقد واجهت هذه النظرية تعديلات وتغيرات كثيرة منذ نشأتها خلال عشرات السنين . ان

واضعى هذه النظرية هما العالمان الامريكيان دينا وهول . تقول هذه النظرية ، انه فى اجزاء معينة من المحيطات ، تحدث عملية تجمع ضخمة للرواسب المختلفة. ولشرح هذا القانون ترك لنا العالم الفرنسى اوج رسما يصور كيف تسقط الرواسب المختلفة من المناطق الطرفية وتتجمع فى التقعيرة (concave) المتكونة وسط المحيط . ويمتلىء هذا المنخفض العظيم بالرواسب تدريجيا . ثم تتعرض هذه الرواسب للحركات الارضية التى تكوّن الطيات المختلفة والفلوق والصدوع التى تسمح بتدفق الماجما وبداية الثورات البركانية .

فى عام ١٩٣٢ كنت استمع الى محاضرة للعالم السوفييتى ديمترى ناليفكين وكان ينتقد وجهات نظر العالمين الامريكيين والعالم الفرنسى . اذكر انه قال فى ذلك الوقت : ماذا رسم الاستاذ اوج فى كتابه الدراسى ؟ لقد اراد الاستاذ اوج ان يضرب لنا مثالا ، بان رسم المحيط الاطلنطى بشكل غير واقعى ومحرف . مقياس الرسم على المحور الرأسى كبير جدا ، لدرجة لا يمكن فيها قبوله . اما المحور الافقى فعلى العكس ، صغير جدا . فاصبح شكل المحيط اقرب الى شكل مرجل تتجمع

فيه الرواسب المختلفة من شواطئه . ان الطلبة الذين يصورون المحيط بهذا الشكل لا يمكن ان يحصلوا الا على علامة ضعيفة جدا فى الامتحان . ويجب ان نذكر دائما ان مقياس الرسم على المحور الرأسى والمحور الافقى فى الرسم الذى يصوره لنا الاستاذ اوج يجب ان يتبادلا . ولقد دخل عدم التناسب هذا ، كأساس فى نظرية الاستاذ اوج . واذا اردنا ان نصور المحيط الاطلنطى كما هو فى الحقيقة والواقع ، وليس بمقياس رسم محرف واذا اعتبرنا ان اقصى عمق يبلغه المحيط ، هو سنتيمتر واحد ، واعتبرنا ايضا انه وحدة القياس ، فان المحيط كله ، سيصل عرضه الى ٢٥٠ مترا . واذا اخذنا فى الاعتبار انحناء الارض ، فان قاعه لن يكون مقعرا كما افترض اوج ، بل سيكون محدبا (convex) ولن تتكدس فى وسطه او تسقط من شواطئه اية رواسب . ولقد اكدت البعثات الجغرافية التى قامت بدراسة المحيطات بانه يوجد قليل جدا من الرواسب الصخرية المختلفة فى المناطق المنخفضة من قاع المحيط . وان تلك المناطق ليست مناطق تكدس الرواسب المختلفة .

وهذا يعنى ان نظرية مقابلات الميل الارضية ليس لها أى اساس علمى ؟

واعلن الاستاذ نااليفكين بعد ذلك انه يلاحظ تكدس طبقات رسوبية سميكة جدا ، لكن اين ؟ ان اماكن الرواسب الرئيسية هى المناطق الساحلية والمناطق الارخبيلية . بعد هذا النقد اصبح الرأى السائد ، هو ان مقابلات الميل الارضية الحديثة تقع اما فى المناطق الساحلية او فى المناطق الارخبيلية . ومن اصدق الامثلة على ذلك فى ايامنا هذه ، اندونيسيا وامريكا الوسطى ومناطق متفرقة من حوض البحر الابيض المتوسط ، وبالاخص بحر ايجه . ولكن هنا بدأ يساورنى الشك . اننا عندما ابحرنا اياما وليال فى مناطق ارخبيل ايجه لم نلاحظ فى اى مكان وجود يابسة على الاطلاق . لقد كان الافق يمتد امام ابصارنا كما لو كانت لا توجد نهاية لهذا البحر . عندما تنظر الى بحر ايجه على الخارطة فانك سترى الارخبيل . لكن فى الواقع ان هذه الجزر نادرة الوجود وتقع على مسافات متباعدة . وتنعدم فى تلك المناطق عمليات الهدم العنيفة التى يتعرض لها الشاطئ وكذلك ينعدم الترسب ، مع انه فى اماكن متفرقة من

المحيط العالمى ، مثل مصب كل من نهرى الجنج والميسيسبى تتكدس الآن كميات ضخمة من الرواسب المختلفة .

وبعد ذلك ظهرت حقائق اخرى كثيرة . لقد رأينا ان الترسب يحدث عند سفوح الجبال وعلى ذلك اصبحت تحمل اسم مقابلات الميل السفحية . ثم كان من نتيجة عدم الدقة فى تعريف ماهية مقابلات الميل الارضية ، ان ظهرت محاولات عديدة لتعريف هذا الاصطلاح ادت الى ظهور اصطلاحات جديدة ومشتقة من الاصطلاح الاصلى ، منها miogeosyncline واصطلاحات اخرى كثيرة . وقد بدأ الهمس يدور بين الكثيرين عن الازمات التى تواجه نظرية مقابلات الميل الارضية هذه . ففى عام ١٩٥٦ نشر الاستاذ بوبوف انتقاداته لهذه النظرية . لقد كتب فى مقالة علمية بعنوان « حول بعض الافكار الجيولوجية » يقول ان هذا الاصطلاح قد انتهى الآن وانه يجب علينا ان نبحث عن تعريف ما او صيغة جديدة لتفسير الظواهر التى نلاحظها . وعلى الرغم من قبول كثير من العلماء

هذه النظرية حتى الآن ، الا ان كل فريق من العلماء يستعمله مع تحفظاته الخاصة .

وهكذا تجمعت لدينا حقائق ومعلومات كثيرة ، تشير الى انه توجد ، كما وجد فى الماضى ايضا ، على سطح الارض مناطق تكدست فيها كميات عظيمة من الصخور الرسوبية وكانت مسرحا للنشاطات المجماتية المختلفة ، ثم تكونت منها بعد ذلك السلاسل الجبلية المعروفة . ان الحقائق والمعلومات كثيرة ولكن النظرية حتى الآن تظل غير مكتملة ، كما هو الحال فى نظرية المجموعات الصخرية ، حيث نعلم الكثير عن اثار ومخلفات عملية الترسب بدون أن نقف على طبيعتها وأسبابها .

وفى وقت من الاوقات كان مبدأ التشابه او المقارنة او التماثل من المبادئ الهامة التى يؤيدها كثير من العلماء . لكن عندما تحولت هذه النظرية الى مبدأ وحاول العلماء تعميمه على جميع الظواهر الطبيعية ظهر قصوره . ولهذا السبب دعى الى عقد مؤتمر لجمهوريات الاتحاد السوفييتى عام ١٩٥١ ، حيث اتفق الجيولوجيون على استخدام مبدأ التماثل هذا ولكن

فى حدود ضيقة جدا ، مما أفقده صفة المبادئ العامة .
واليكم بعض الامثلة التى تثبت صحة الاستنتاج السابق .

نحن نعلم انه فى العصور الجيولوجية القديمة ، وبالاخص فى العصر الديفونى (Devonian) تكونت كميات كبيرة جدا من حجر اليشب (jasper) غاية فى الجمال . وتوجد هذه الاحجار بكميات وافرة فى الاورال . ومن اشهر واكبر المناطق فى العالم التى تستخرج منها هذه الاحجار ، مدينة اورسك اذ يوجد فيها اكثر من مئتى نوع مختلف جميل . ولا يستطيع مبدأ التماثل ان يجيب على سؤال « كيف تكونت هذه الاحجار ؟ » اذ انه لا يلاحظ تكونها فى الوقت الحاضر.

وعندما عثر فى سيبيريا على عظام احد حيوانات الماموث ، استنتج العالم لومونوسوف ان الطقس فى ذلك المكان كان فى الماضى حارا . ولقد بنى استنتاجه هذا ، على اساس المقارنة ، مستخدما مبدأ التماثل . ان الفيلة الحديثة تعيش عند خط الاستواء او فى المناطق القريبة منه . ولم يستطع لومونوسوف ان يتصور ان الافيال قد استطاعت فى وقت من الاوقات ان تعيش فى المناطق

الباردة . وكل ما فى الامر انه لم يكن يعرف الفرق بين الفيل والماموث .

ليس من الصدفة اذن ، ان ترتفع الاصوات فى هذه الايام قوية ضد مبدأ التماثل . وقد أخذ العالم الالمانى بيولوف فى الترويج والدفاع عن فكرته التى تنكر مبدأ التماثل كليا . فهو يقول ان الفترة الحديثة لتطور الكرة الارضية ، فترة فريدة فى تاريخها ، اذ انه فى وقتنا هذا ، تحدث تلك العمليات التى لم تحدث من قبل على الاطلاق . ويدعو بيولوف الى الاعراض عن مبدأ التماثل فى الجيولوجيا معتبرا ان اية نتيجة مبنية عليه خاطئة من اساسها .

وكثيرا ما يحدث ان تقف الحقيقة فى مكان ما فى منتصف الطريق بين وجهتى نظر متناقضتين تماما . عندئذ فان الدور الرئيسى تلعبه عملية احصاء منتظم مدروس يكون من نتيجته تحديد الحالات التى يمكن تطبيق مبدأ التماثل عليها .

ويمكن عرض امثلة اخرى تؤكد عدم اكتمال هذا المبدأ . يقوم الجيولوجيون هذه الايام ، على نطاق واسع ، بتقدير العمر المطلق للصخور وذلك بقياس

الاشعة المنبعثة من العناصر المشعة . وتعتبر طريقة بوتاسيوم ــ ارجون ، الطريقة الاكثر شيوعا . فمن المعروف انه بمرور الوقت يتحول البوتاسيوم ٤٠ الى ارجون ٤٠ ، وتمتد مدة التحول النصفى حوالى ١٣٠٠ مليون سنة . ومن التقديرات الدقيقة لكمية البوتاسيوم ٤٠ المتبقية ونتائج التحول للارجون يمكن تحديد العمر المطلق لهذه الصخور ، اى وقت تكوينها .

يبدو الآن ان كل شئ اصبح واضحا . لقد وجد الجيولوجيون طريقة دقيقة للتقدير الكمى . لكن كل ما فى الامر ، ان هذه الطريقة مبنية على اعتبار ان مدة التحول النصفى للعناصر الذرية ثابتة . ولكن هل هذا هو الواقع ؟ فى عام ١٩٥١ أكد احد العلماء ــ بوجانيك ــ ان هذا الافتراض يتعارض مع قوانين المادية الجدلية .

وانتقل النقاش والجدل الى الصحافة ووجد العلماء الجيوكيميائيون انفسهم مضطرين الى الاعتراف بصحة هذا الرأى . لكن ، فى الوقت نفسه ، لو اقتنعنا بصحة هذا الرأى ، فسيكون من المستحيل تعيين العمر المطلق للصخور على الاطلاق . ويقترح الجيولوجيون استعمال

هذه الطريقة حتى تتجمع الحقائق والمعلومات الكافية التى تثبت صحة هذا الرأى . وعندئذ يمكن اجراء التقديرات اللازمة على النتائج وتطوير النظرية نفسها .

ويضطر الجيولوجيون احيانا الى فرض فرضيات جريئة يحاولون بها تفسير ذلك الغموض الذى يحيط بتلك الظواهر التى يلاحظونها . وكثيرا ما تكون هذه الفروض اقرب الى الخيال . فمثلا ، يدور الآن نقاش وجدال حول تلك الحادثة التى وقعت عام ١٩٠٨ فى الغابات التونجوسية . فما زال العلماء يختلفون ، على الرغم من مرور اكثر من خمسين عاما ، على هذا الحادث ، هل سقط فى ذلك المكان نيزك ضخم ، أم حدث انفجار ذرى ؟ هل حدث صدام بين الكرة الارضية ونواة احد المذنبات او جرم سماوى مزود بشحنة كهربائية عالية جدا ، ادى الى تفريغ كهربائى شديد ؟ ولا أذكر الآن ، من أعلن أن جسيمات مضادة — أنتى بروتون ، أنتى نيوترون وبوزيترون قد اخترقت فى ذلك الوقت المجال الجوى الارضى .

لقد ظل الكاتب كازانتسيف يؤكد سنوات طويلة انه سقطت فى الغابات التونجوسية عام ١٩٠٨ سفينة فضاء من

كوكب المريخ او الزهرة . يا لها من تخيلات . لكن توجد كثير من الآراء والفروض التى قيلت حول هذا الموضوع ولا تزيد احتمالات صحتها عن هذه التخيلات ولا يوجد اى دليل يؤكد وقوع نيزك ضخم فى ذلك المكان . كما توجد كثير من التعليقات الاخرى التى لا تستحق ان تسمى فروضا . ويدور النقاش الآن بين الجيولوجيين والجيوكيمياثيين وعلماء النيازك والفلكيين والفيزيائيين . ولقد انضم اليهم ايضا الكتاب والطلبة وكثير من المدرسين فى المعاهد العليا المختلفة . لقد نظم كثير من الرحلات وارسلت البعثات المختلفة الى منطقة الكارثة حتى انه فى الاجازات الصيفية وبدافع من فضولهم الشخصى ، كان يرحل الى هذا المكان على حسابهم الخاص ، كثير من المتحمسين بغرض المساهمة فى حل الغموض الذى يكتنف هذا الموضوع .

يبدو ان علم الجيولوجيا يواجه الآن مرحلة من التغيرات والتعديلات الهامة . ان كميات هائلة من الحقائق والمعلومات تحتاج الى نظريات جديدة لتفسيرها . ولم يكن من الصدفة ان اقترح العالمان السوفييتيان بيلوسوف وسادوفسكى عام ١٩٦٣ ، انشاء علم جديد اسمه

« جيونوميا » يجمع الجانب النظرى والعملى من علوم الجيولوجيا والجيوفيزياء والجيوكيمياء .

يقول هذان العالمان ان النقص الموجود فى علم الجيولوجيا يجب ان يعالج باستخدام الطرق الرياضية المختلفة الموجودة كأساس من اسس علوم الجيوفيزياء والجيوكيمياء . عندئذ يمكن ان تجد الفروض المتعددة والظواهر المتنظمة المختلفة والفروض والقواعد الجيولوجية الاساس الرياضى السليم لتفسيرها .

لقد قابل كثير من العلماء اقتراح بيلووسوف وسادوفسكى بارتياح عميق لانهم يعلمون تمام العلم ، بان الجيولوجيين والجيوفيزيائيين لايفهمون بعضهم البعض وان كثيرا من الفروض التى تستعمل الآن فى علم الجيولوجيا ، تعتبر مصدرا لسخرية واستهزاء من يجيد استخدام الرياضيات . ان تعميم الخبرات المختلفة الموجودة لدى الجيولوجيين والجيوفيزيائيين والجيوكيميائيين يجب ان تصبح اساس علم جديد . وربما أدى ذلك الى خلق الظروف الملائمة لحل تلك الالغاز التى كثيرا ما نسميها قوانين اساسية فى علم الجيولوجيا فى الوقت الحاضر .

شرايين الذهب الاسود

في بداية عام ١٩٦٢ انتشرت الانباء فى جميع انحاء العالم عن نافورة البترول التى انفجرت فى نهر لينا عند قرية ماركوف بالاتحاد السوفييتي . لقد كان هذا البترول من العصر الكامبرى (cambrian) الذى تكون منذ اكثر من ٥٠٠ مليون سنة . ومن الصفات التى ميزت هذا البترول انه كان فاتح اللون أو أبيض كما يقول خبراء البترول . وكانت مكوناته الرئيسية البنزين والكيروسين بالاضافة الى كميات ضئيلة من الشوائب الزيتية الخفيفة . ويعتبر هذا البترول من أجود انواع الزيوت فى العالم . ان وجود البترول فى حد ذاته ، لا يثير اية دهشة . لكن الذى اثار الدهشة هو وجود البترول فى الطبقات الارضية التى ترسبت فى العصر الكامبرى ، العصر الذى كانت فيه الحياة على الكرة الارضية تمر بمرحلة من مراحلها الاولية .

فى الواقع عثر قبل ذلك على زيت البترول ، فى طبقات العصر الكامبرى ، وحتى فى طبقات العصور السابقة ، فى كثير من المناطق فى العالم . اذ يوجد اكثر من ٣٠ حقلا من حقول البترول المستغلة ، وكذلك

اكثر من مثتى بثر من آبار البترول التى تنتمى الى العصر الكامبرى ، تحمله طبقات الصخور النارية ، كما تحمله ايضا الطبقات المتحولة القديمة .

احد هذه الحقول ، اكتشف فى مراكش ، حيث وجد زيت البترول فى طبقات الطفال (shale) والجرانيت التى يرجع زمن تكونها الى العصر الكامبرى وما قبله . كذلك فان بعض حقول زيت البترول فى امريكا ، يرجع تاريخها الى هذا الوقت . والمناطق التى تتميز بوجود هذا البترول فيها ، هى ولايات وسط كندا . وفى الولايات المتحدة الامريكية -- غربى ولاية تكساس والجزء الجنوبى الشرقى من ولاية نيومكسيكو .

ومن الظواهر المثيرة للدهشة ، تلك التى لوحظت على نشاط بركانى إتنا فى صقلية وكراكاتاو فى اندونيسيا . لقد اكتشف أن زيت البترول تكون نتيجة لثورة هذين البركانين . كما لوحظ وجود آثار للبترول فى بركان توليم الخامد فى وسط جبال الانند ، وفى بركان ايجمونت فى نيوزيلاندا وفى كثير من البراكين الاخرى.

ما الذى يثير الدهشة اذا كان قد وجد بترول من العصر الكامبرى بالقرب من قرية ماركوف ؟ كل ما

فى الامر ، أن كافة هذه الحقائق لا تتفق فى أى حال من الاحوال ، والنظرية السائدة عن الاصل العضوى للبترول . اذن ، أى نوع من الكائنات الحية يمكنها أن تعيش فى البراكين !

فى الواقع ، توجد آراء وفروض كثيرة حول كيفية تكوّن زيت البترول . اذ يعتقد بعض خبراء البترول ، انه قد تكون نتيجة لتحلل الكائنات الحية الميتة . وقد اجريت بعض التجارب العملية ، فاعطت نتائج ايجابية تعزز هذا الرأى . فقد قام احد الكيميائيين اليابانيين باجراء تجربة اختبارية على الاسماك بوضعها فى قدر خاص خال من الهواء وعاملها بطريقة خاصة . وحصل بعدها على شئ يشبه الى حد كبير ، زيت البترول . ان مؤيدى هذه النظرية يؤكدون بان البترول الموجود فى بحر قزوين قد تكوّن بعد الكارثة التى ادت الى دخول مياه البحر الابيض المتوسط الى البحر الاسود منذ ملايين السنين . اذ انه من المعروف انه قبل تلك الكارثة كان البحر الاسود وبحر قزوين متصلين ببعضهما ويكونان بحيرة واحدة ، من المياه العذبة . ويقول خبراء البترول أن الكائنات الحية التى ماتت فى ذلك الوقت تحللت وتحولت الى زيت بترول .

لكن معارضى نظرية تحلل بقايا الكائنات الحية وتحولها الى بترول ، كثيرون ايضا . فمن وجهة نظرهم أن كيفية حفظ مخلفات الكائنات الحية ، غير واضحة على الاطلاق . اذ انه تعيش فى اعماق البحار اعداد ضخمة من الحيوانات التى تتغذى ببقايا الكائنات الحية هذه . فهل من المحتمل أن تكون ثمة رواسب عضوية من الوفرة ، بحيث يمكنها أن تفى بحاجة هذه الحيوانات ، من غذاء ، ثم يتحول الجزء المتبقى منها الى بترول بعد أن تتغير الظروف المحيطة به !

وهناك مجموعة اخرى من الفروض التى ترجح أن البترول يتكون نتيجة لتجمع النباتات على اليابسة وفى البحر . وتوجد ايضا بعض التجارب العملية التى تدعم هذه الفروض . اننا نتذكر جميعا ، انه فى سنوات الحرب العالمية الثانية ، كان الالمان يستخدمون بديلا عن البترول مادة حصلوا عليها من معالجة الانواع الرديئة من الفحم الحجرى ، والفحم الاسمر ، بتعريضه لبخار الماء عند درجات حرارة تصل الى ٤٠٠ درجة مئوية . وبهذه الطريقة تمكنوا من الحصول على منتجات بترولية قريبة الشبه جدا من زيت البترول ، حتى انه اصبح

بالامكان بعد تكريرها ، الحصول على البنزين والزيوت الاخرى المختلفة .

لكن هذا الفرض يواجه نقدا شديدا . فاذا كان هذا صحيحا لكان من المفروض وجود زيت البترول فى جميع المناطق التى يكتشف الفحم فيها . وعلى الرغم من اكتشاف حالات متفرقة لوجود البترول والفحم فى مناطق متجاورة ، الا انه كقاعدة عامة ، لا يوجد الفحم والبترول متلازمين او متجاورين .

وفريق ثالث من العلماء يؤمن بالفرض الذى يجمع بين الفرضين السابقين أى أن البترول يتكون نتيجة لتحلل بقايا الكائنات الحية والرواسب النباتية ، لكنها تعطى الاولوية لتحلل الكائنات الدقيقة . وقد كان الأكاديمى جوبكن من مؤيدى هذا الرأى ، حتى انه اجرى عدة تجارب اختبارية لكى يبرهن صحة هذا الرأى واعطت نتائج ايجابية مقنعة . وتمكن الاكاديمى زيلنسكى ايضا من الحصول على منتجات بترولية من عملية ترشيح وتقطير بقايا الكائنات الدقيقة المتعفنة التى كانت موجودة فى رواسب طمى بحيرة بلخاش بكازاخستان السوفييتية .

ويقول جوبكن ان كميات كبيرة جدا من الكائنات الدقيقة والرواسب النباتية ، تتجمع فى المناطق القريبة من مصبات الانهار الكبرى . اذ يحمل النهر الى تلك المصبات كميات ضخمة من الاملاح المختلفة التى تعتبر غذاء رئيسيا للكثير من الكائنات الدقيقة . عند موت هذه الكائنات تهبط الى القاع ، ثم يغطيها الطمى الذى يحمله النهر . فاذا ترسب هذا الطمى فى المناطق ذات درجات الحرارة العالية ، تكون الظروف مشابهة لتلك الظروف التى اجرى فيها زيلينسكى تجاربه الاختبارية ، وتتحول هذه المواد العضوية الى بترول .

ومن ناحية اخرى ، ما زال تقدير عمر البترول مثار نقاش وجدل . وقد ساهم هذا النقاش الى حد كبير فى تسليط الضوء على موضوع اصل البترول نفسه . ويؤكد مؤيدو نظرية تكون البترول من الرواسب العضوية ، انه اذا كان هناك تطابق كامل بين عمر البترول وعمر الصخور الحاملة له ، فان هذا دليل قاطع ، على الاصل العضوى لزيت البترول . وقد تمكن احد جيولوجى البترول سافتشينكو من ايجاد طريقة لتحديد عمر البترول بمساعدة غاز الهليوم المتولد فيه نتيجة النشاط

الاشعاعى . وقد اثبتت الدراسات انه فى كثير من الحالات ، يتساوى عمر كل من البترول والطبقات الحاملة له . ومن الابحاث المثيرة ايضا ، تلك التى أجراها بعض الجيوكيميائيين . لقد اكتشفوا قطرات من البترول فى طمى دلتا نهر الميسيسيبى . وتمكنوا بواسطة الدراسات والابحاث الذرية من تحديد عمر هذا البترول ، وقد اتضح ان عمره لا يزيد على ١٤ الف سنة . من هذا ، استنتجوا ان البترول تكون ويتكون من بقايا الكائنات الدقيقة على مر العصور الجيولوجية المختلفة . ومن الجدير بالذكر ان الفرض الذى اعلنه الاكاديمى جوبكن لاقى قبولا ليس فقط فى الاتحاد السوفييتى ، بل وفى عدد من بلدان العالم الاخرى .

اكتشف الجيولوجى بالوخوفسكى فى تجاويف نهرى الدنيبر والدون ، بمنطقة بافلوغراد باتريكييفسك حصى من الاسفلت وهى المواد المتبقية نتيجة تأثير عوامل التعرية المختلفة على البترول . وقد ثبت وجودها بكثرة ، فى الطبقات القديمة من العصر الكربونى وفى مساحات شاسعة تبلغ عدة آلاف الكيلومترات المربعة وكانت تغطى هذا الاسفلت ، طبقات حديثة تنتسب الى رواسب

العصر الترایاسی . وهذا یعنی ، انه لا یحدث دائما وجود التطابق بین عمری البترول والطبقات الحاملة له . فهنا واضح ان البترول قد تکون قبل الطبقات الموجودة فیه ، وفی هذه الحالة نجد ان فرض جوبکین غیر مقبول ولا یمکن استعماله .

قد یحدث فی بعض الاحیان أن یبنی الجیولوجیون فروضهم معتمدین علی الآراء التی نشرها بعض العلماء ، خصوصا المشهورین منهم . فقد حدث هذا عندما تعارضت وجهتا نظر جوبکن ومندلییف ، ان اخذ مؤیدو جوبکن فی تدعیم رأیه ، وذلك بالرجوع والاستشهاد برأی لومونوسوف الذی کان یعتقد اعتقادا مطلقا بان البترول والفحم الحجری منشأوهما عضوی . وهکذا فقد اصبح الوضع ، اثنین امام واحد . لکن ألا نأخذ بالاعتبار ان لومونوسوف کان یعیش منذ ٢٠٠ سنة ، مع بدایة علوم الجیولوجیا والکیمیاء ، عندما لم یکن معروفا الا القلیل عن زیت البترول ! ان اکتشاف بترول قریة مارکوف فی طبقات تحوی آثارا ضئیلة ، لنشاط الکائنات الحیة ، یضع الفرض الذی اعلنه جوبکن موضع الریبة والشك من جدید . من ای شیٔ اذن تکون البترول فی هذه الطبقات ؟

عندما قرأت في الصحف ، خبر اكتشاف البترول في طبقات العصر الكامبرى ، تذكرت في الحال ذلك الحديث الذى دار مع الاكاديمى جوبكن في المؤتمر الجيولوجى العالمى السابع عشر . لقد انتقد بكل حدة في ذلك الوقت ، نظرية الاصل غير العضوى ، لزيت البترول ، التى اعلنها العلامة مندلييف عام ١٨٧٧ . لقد قال الكيميائى العلامة انه في باطن الكرة الارضية وفي مناطق درجات الحرارة العالية تحدث تلك التفاعلات الكيميائية المعقدة بين بعض المعادن والماء اذ توجد في كثير من المعادن نسبة معينة من شوائب الكربون كما هى الحال في كربيد الحديد . فلو تعرض كربيد الحديد هذا لتيار مائى عند درجات حرارة عالية ، فان الماء يمتص الكربون من المعدن الذى يتحد بشراهة مع الايدروجين مكونا سلسلة من الايدروكربونيات . وما زيت البترول ، الا عبارة عن مركب ايدروكربونيات مختلفة .

واذا قبلنا فرض مندلييف هذا ، لتوجب علينا ان نغوص الى اعماق الارض كى نحصل على البترول . ولكن هناك تحت القشرة الارضية يوجد شئ ما ، يعتقد

المجماتيون انها مادة درجة حرارتها عالية جدا وتقع تحت قوة ضغط شديدة . فى هذه الظروف لا يمكن ان يوجد زيت البترول السائل . عندئذ تذكر مؤيدو نظرية مندلييف ما قاله الاكاديمى اوتو شميدت فى وقت من الاوقات . لقد رفض بكل اصرار فرض كانت ولابلاس عن الصهارة الملتهبة كحالة اولية كانت عليها الارض فى وقت ما . بل أكد ان الارض وجميع الكواكب الاخرى تكونت نتيجة تراص جسيمات باردة ، تشكلت منها كواكب المجموعة الشمسية . وقد حدثت هذه العملية عند درجات حرارة منخفضة جدا لا تزيد على ٢٧٠ ــ ٢٧٢ درجة مئوية تحت الصفر . وبناء على هذا الرأى فان الارض كانت باردة ثم بدأت بالتدريج تحت تأثير الاشعاعات الراديومية الساقطة عليها ، وعلى مر ملايين وملايين السنين بدأت تكتسب درجة الحرارة التى هى عليها الآن . وتحت هذه الظروف يمكن للبترول ان يتكون حسب رأى مندلييف . ويحتمل وجود آثار ودلائل تؤكد فروض مندلييف وشميدت فى آبار ماركوف .

وجديرة بالاهتمام ايضا الابحاث المختلفة التى

اجراها الفلكيون حول هذا الموضوع فمن الدراسات الطيفية لاضواء الكواكب المختلفة ، اعلنوا وجود غاز الايدروكربونيات بكثرة فى جو كوكبى المشترى ، وزحل وفى اجواء الكواكب الكبيرة الاخرى . وقد اكتشف منذ وقت قصير اشعاع ضوئى فى بعض الصخور الموجودة على سطح القمر الامر الذى يحدث فقط تحت تأثير الاشعة فوق البنفسجية عند وجود احد العناصر النادرة او قار البترول . ومن الابحاث الهامة ايضا تلك التى اجريت على النيازك المختلفة والتى اثبتت وجود الايدروكربونيات ايضا ، وقد قال احد العلماء الروس ــ سوكولوف ، بان البترول احد مخلفات الكون ، أى يرجع تكونه الى عوامل خارجة عن محيط الكرة الارضية . وبناء على هذا الرأى افترض الاستاذ كودريافتسيف وهو خليفة سوكولوف ــ أن البترول يتكون بالقرب من مستودعات الماجما ــ واخيرا وصلنا الى أن البترول يتكون نتيجة للثورات البركانية .

وبدأت افكر رغما عنى . ربما كان سوكولوف او كودريافتسيف من بين الحاضرين فى المؤتمر الجيولوجى العالمى السابع عشر وان احدهما هو

الذى وجه لجوبكن تلك الملاحظة التى تعارضت مع فرضه ؟

وعلى أى حال فان الفرض الذى يؤمن بالاصل غير العضوى للبترول يفتح امامنا آفاقا جديدة . ربما توجد فى باطن كوكبنا الارضى مستودعات او صهاريج بترولية متصلة بطبقات القشرة الارضية عن طريق شبكة معينة من القنوات ــ شرايين الذهب السوداء وقد تدخل فى شبكة القنوات هذه تلك الصدوع التى تقع الآن فى منطقة جندفان القديمة وفى مناطق اخرى كثيرة من سطح كوكبنا الارضى ؟ ان هذا الاستنتاج يبدو الى حد ما صحيحا لانه فى محاذاة مجموعة الصدوع الارضية فى منطقة البحر الاحمر وفى منطقة قناة السويس توجد مناطق استخراج البترول فى الجمهورية العربية المتحدة فى الغردقة ورأس غارب وبلاعيم واخيرا فى حقل مرجان بمياه البحر الاحمر بالقرب من الغردقة . وكذلك حقول البترول الموجودة فى حوض نهر الرين وفى مناطق الصدوع فى بايا بامريكا الجنوبية .

وقد يحتاج استخراج البترول من الاعماق ، التنقيب الى اعماق كبيرة . وعلى تلك الاعماق ربما

يوجد بترول متصلب ، واقع تحت قوة ضغط شديدة ؟ ربما نجد في الاعماق ، احتياطي بترول لم نحلم به من قبل . في الواقع ، يجب اعادة النظر في الفرض الذي اعلنه جوبكن : هل هو سليم ، غير قابل للجدل ؟

ماذا تقول النظرية النبتونية الحديثة

لقد قيل الكثير عن امواج البحر العاتية ودورها الهدام كعامل من عوامل التعرية .

ومن المفهوم لدى الجميع ان نتيجة هذا العمل الدائب هو تأكل الشواطئ وتدميرها . ان امواج البحر العاتية تهز القارات . وقد تبلغ قوة ضربات امواج البحر درجة انه اذا هبت عاصفة في خليج بسكاي ، فان محطة تسجيل الزلازل في موسكو تستطيع تسجيلها . وتسبب امواج البحر العادية التي يبلغ ارتفاعها حوالي ستة امتار وطولها من ٨٠ الى ١٠٠ متر صدمات تبلغ قوتها ٢٥٠ حصانا . ويمكن عرض امثلة اخرى كثيرة كلها تؤكد انه في استطاعة امواج البحر ان تحطم وتطحن أصلب انواع الصخور . اما تلك الصخور التي تختطفها

الامواج ، فانها تفتتها وتحولها الى رمال وطين وطمى وتحمل الامواج الراجعة هذه الرمال الى المناطق العميقة فى البحر حيث ترسبها فى القاع .

ولا تتكون الرواسب البحرية نتيجة لعمل الامواج فقط . فمنذ عدة سنين كتب العالم الجغرافى الاكاديمى جيراسيموف فى مذكراته التى دونها اثناء رحلته لحضور احد المؤتمرات العلمية فى امريكا الجنوبية كتب يصف كيف طار عبر الصحراء ، ثم كيف عبر المحيط الاطلنطى ثم هبوط الطائرة بهدوء فى مطار بوينوس أيرس من ارتفاع تسعة آلاف متر ، حيث كانت درجة الحرارة خارج الطائرة تصل الى ٣٥ درجة تحت الصفر . اما على الارض فى الصحراء فقد كانت تهب رياح السموم (رياح حارة جدا وجافة ومحملة بالرمال تشبه رياح الخماسين التى تهب على الجمهورية العربية المتحدة ، من الصحراء الكبرى ، فى فصل الربيع) . وقد ارتفعت وانتشرت سحب الاتربة والرمال بفعل الاعصار الى ارتفاع وصل الى خمسة آلاف متر . وكانت العاصفة مندفعة بسرعة هائلة والرياح تحمل سحب الرمال والاتربة هذه بعيدا عن الصحراء . وكان واضحا

كيف بدأت هذه الرمال بالتدريج ترسب فى المحيط الاطلنطى .

كذلك فان كثيرا من الرمال والطمى ، تحملها الانهار المختلفة الى المحيط بالاضافة الى ذوبان الجليد ، وخصوصا الكتل الجليدية العائمة . وفى النهاية فان تبلور الاملاح المختلفة وترسبها المستمر ، يضيف رواسب جديدة الى رواسب قاع المحيط .

فى القرنين الثامن عشر والتاسع عشر كانت المعلومات المعروفة عن المحيطات وعما يحدث فى قاعها قليلة جدا . وكان من الطبيعى فى ذلك الوقت أن ينشأ فرع خاص فى علم الجيولوجيا يسمى « نبتونيزم » نسبة الى اله البحار « نبتون » . ويعتبر العالم الالمانى جوتليب فيرنر احد الفطاحل النبتونيين فى القرن الثامن عشر . وقد بدأ النقاش الذى دار حول البازلت واستمر بدرجات متفاوتة من النجاحات ، عدة عشرات السنين .

لقد كانت فكرة جوتليب فيرنر غاية فى البساطة . فهو لم يقتنع بنتائج ابحاث كل من اردوينو ودولومى اللذين أكدا بان البازلت ــ الصخور القاعدية ــ ما هو

الا حمما بركانية متصلبة . وقد أثبت فيرنر فى محاضراته القيمة بان البازلت لا يمت الى البراكين باية صلة وانه ليس الا نتيجة تبلور الرواسب المتكدسة فى قاع البحار .

ولا نعلم عما اذا كانت الادلة التى اوردها فيرنر فى ذلك الوقت على درجة كبيرة من الاقتناع حتى أن كثيرا من العلماء اصبحوا من مؤيديه ، ام أن الانسان لم يصل بعد الى المستوى الذى يتيح له فهم هذا الموضوع . على أى حال لقد استمرت وجهات نظر فيرنر قائمة حوالى ٣٥ عاما ، حتى انه بعد أن اثبت العلم بصورة قاطعة ، صحة رأى خبراء البراكين ، ظل بعض المتحمسين يدافعون عن فروض فيرنر . وقد كان بينهم الشاعر العظيم يوهان جوته الذى بقى حتى آخر ايامه ، يدافع عن النظرية النبتونية . وفى احد مؤلفاته عام ١٧٩٦ كتب جوته يقل : « مساكين انتم الصخور . يريدون أن يرجعوا اصلكم الى النار مع انه لم ير احد على الاطلاق كيف ولدتكم النار » . وقال ايضا : « دعهم فى المستقبل يعلمون انه فى عصرنا هذا كان يعيش شخص

واحد يرى الحقيقة على الرغم من كل الخرافات التى يطلقها الجوفيون » . *

ربما لا توجد دواع لان اقص عليكم قصة الصراع بين النبتونيين والجوفيين فبعد أن ظهرت البراهين الاولية التى تؤكد الاصل النارى للصخور القاعدية أى البازلت ، بدا لنا أن النبتونيين قد هزموا . فى الواقع لم يسمع لهم أى صوت طوال القرن التاسع عشر بأكمله . لكن الآراء النبتونية بدأت تظهر من جديد فى نهاية القرن التاسع عشر وفى القرن العشرين ، ولكن على أساس جديد . فقد اصبحت فى ذلك الوقت قوانين تجمع الرواسب فى قاع البحار معلومة لدى الجميع ولقد اوضحت البعثات المختلفة فى علم دراسة المحيطات أى نوع من الرواسب يجرى ترسبه فى المناطق المختلفة من قاع المحيطات . وتبين أن الطمى الدقيق جدا يرسب فى المناطق العميقة جدا ، اما فى المناطق الساحلية القريبة من الشواطئ فتجرى عملية تجمع الحصى والمواد

---

* الجوفيون : نسبة الى جوفى وهو صاحب النظرية القائلة بان صخور البازلت من اصل بركانى ، اى قذفت من جوف الارض .

المتفتتة الاخرى . وفى المناطق القريبة من خط الاستواء ، وفى البحار الحارة على العموم تتجمع فى القاع رواسب الطين الكربونى الذى يحتوى على كمية كبيرة من الجير . اما فى الخلجان والبحيرات الضحلة المتصلة بالبحار ، فتحدث عملية تركز رواسب الاملاح المختلفة .

وليس من الصدفة اذن أن يظهر فى احدى المجلات العلمية الامريكية رسم كاريكاتورى ناقد . فقد رسم عالم اكاديمى واقف محتار بين كل من نبتون وفولكان وبلوتون ، ولا يدرى أى اله منهم يعبد ، وهو جالس فى قارب بدون دفة وبدون شراع ، والقارب يعوم على سطح محيط من الماجما .

لقد ظهرت آراء النبتونيين مرة اخرى بعد أن اخذ الجيولوجيون يدرسون عمليات التحول التى تتعرض لها الصخور المختلفة بعد تكونها . ماذا يحدث لكتلة صخرية اذا تعرّضت لدرجات حرارة عالية جدا ؟ ما الذى يحدث لها ايضا اذا تعرضت لقوة ضغط شديدة ولتيار من بخار الماء يحمل معه مركبا من مركبات احد الاملاح ؟

ان عينات الصخور المعروضة فى المتحف الجيولوجى التابع لمعهد المناجم فى مدينة سفردلوفسك السوفييتية تترك اثرا كبيرا على كل من يراها . وهاكم قصص بعض هذه العينات . عندما كان يجرى العمل فى احد مناجم الحديد بفيسوكاجورسكى بالقرب من نيجنى تاجيل ، تحطمت قطعة من خام المغنيتيت . وعندما قام الخبراء بفحص هذه العينة ، وجدوا عليها آثار ودع بحرية (gastropoda) ، وحتى ذلك الوقت كان يعتقد بان رواسب الحديد فى جبل فيسوكايا قد تكونت نتيجة عمليات مجماتية ـ لكن كيف امكن لهذه الكائنات أن توجد فى الماجما ؟ هذا يعنى أن هناك شيئا ما ، مازال يخفى علينا .

وهاكم قصة اخرى . فى احد مناجم النحاس جنوبى الاورال ، منجم سيباى ، عثر فى خام النحاس على مرجان وودع يُشبه الودع النهرى العادى ذا المصراعين (المحاريات pelecypoda) .

ما هذا ، الكائنات بحرية ومرجان فى خام النحاس ؟ لا يمكن حتى أن نتخيل أن تتكون رواسب

خام النحاس ثم يتكون على الفور الودع من خام النحاس !

وكثيرا ما نعثر على عظام الفقم التى وجدت لنفسها قبرا فى قاع البحر ، بين رواسب الحديد ، فى مناجم كيرتش . لكن هذه العظام لم تكن من مركبات الكالسيوم والفسفور كما هو معروف ، بل كانت تتكون من تلك المركبات التى دخلت فى تكوين خام الحديد نفسه . أمن المعقول أن تكون فى البحر الاسود فى الماضى فقم ذات عظام حديدية ؟

وهكذا بدأت الطبيعة نفسها تكشف عن اسرارها . لقد روت لنا أن الصخور تعيش حياة عجيبة ، تتحول خلالها بسرية تامة . ففى فترة وجودها ، فانها تعيش قصة معقدة ومثيرة .

فمثلا قصة طمى البحار ، بعد ترسبه لا يظل على الحالة التى ترسب فيها . اذ انه يجف ثم يتحول الى حجر جيرى . وتحت تأثير درجات الحرارة العالية الموجودة بالقرب من مستودعات الماجما ، يعاد تبلور هذا الحجر الجيرى (recrystallization) ويتحول الى رخام . فى مدينة موسكو وفى لينينجراد ، وفى

كيف ، فى « قصور » محطات المترو الموجودة تحت الارض يمكن رؤية رخام على درجة كبيرة من الجمال ، توجد فيه بقايا الكائنات الحية التى كانت تعيش فى ذلك الوقت عندما كان فيه هذا الرخام مجرد طمى .

ويحدث احيانا أن يتحول الحجر الجيرى الموجود بالقرب من مستودعات الماجما الى معادن وصخور جميلة لا يوجد لها مثيل . ففى منطقة بحيرة بيكال فى الاتحاد السوفييتى مثلا تكون فى وقت ما ، معدن الازوريت (azurite) . ان تركيبه الكيماوى معقد جدا ، ذا لون ازرق غامق — آزورى . وتشبه ظروف تكونه تلك الظروف التى تكوّن فيها الرخام ، الا انه فى هذه الحالة ، يختلف التركيب الكيماوى لمستودع الماجما المجاور للرخام ، كما توجد بعض الغازات والابخرة التى تنتشر الى الرخام والتى ساعدت على تكوين ذلك المعدن الازرق الجميل الذى لا يوجد له مثيل .

واذا تغيرت الظروف التى تتعرض لها الصخور اثناء وجودها ، فانه تبعا لتلك الظروف تتكون معادن اخرى

مختلفة . واذا صعدنا من اعماق الارض الى المناطق السطحية حيث يوجد الاكسجين فى المياه الجوفية ، فسنرى انه فى تلك المناطق ، وفى المناطق التى توجد بها رواسب النحاس بالذات يجرى تأكسد خام النحاس ، ويصبح غنيا ليس فقط بالاكسجين ، بل وبالكربون ايضا . ومن تفاعل حامض الكربونيك (H_2CO_3) والنحاس يتكون حجر جميل جدا يسمى بالدهنج (malachite) . ويتوقف على نسبة تركيز محاليل خام النحاس ، جمال تلك اللوحات السحرية التى تتكون على السطح المصقول اللامع للدهنج ، التى نقف امامها مشدوهين من شدة الاعجاب .

. . يمكن أن نقص عليكم آلاف القصص المثيرة عن كيفية تكون الصخور والمعادن المتنوعة فى ظروف مختلفة من درجات الحرارة التى تتعرض لها تلك الصخور. لكننا سنكتفى بمثال بسيط ، وهو عن الرمل الطفلى اذ يمكننا رؤية ذلك فى المعمل . اذا اخذنا مسحوقا من الفلسبار (feldspar) الذى تدخل فى تركيبه كميات كبيرة من الاركوز (arkose) ، وعرضناه لقوة ضغط خمسة آلاف ضغط جوى ، فمن المفروض أن

يتهشم تماما . لكن ما يحدث هو العكس . اذ تبدأ بعض البلورات الدقيقة من معدن الألبيت (albite) ـ فلسبار ، فى النمو . واذا زاد الضغط الى عشرة آلاف ضغط جوى فان هذه البلورات ايضا ، لا تتحطم أو تتهشم بل تنمو ويزداد حجمها . ولو تخيلنا باطن الارض ، مناطق الضغط العالى تبدأ عملية نمو بلورات الفلسبار ، وسط حبيبات الكوارتز المترسبة مع الرمل الطفلى . ومن المحتمل أن توجد هنا بعض الشوائب كصفائح الميكا . تحت هذه الظروف تتكون صخور صلبة متماسكة يدخل فى تركيبها الكوارتز والفلسبار والميكا . ونحن نعلم أن حجر الجرانيت العادى يتكون اساسا من هذه المعادن .

يقال ان حجر الجرانيت ـ هذا الصخر الحمضى يوجد فى مستودعات الماجما ويمد البركان بقوة مفجرة شديدة غير عادية . مثال ذلك فوهة بركان بيزيميانى فى كامتشاتكا . لكن اتضح أن هذه الصخور الحمضية يمكن ان تتكون دون اللجوء الى الماجما ، اذ يكفى أن يتعرض الرمل الطفلى لضغط عال جدا .

وهكذا تؤكد النظرية النبتونية الحديثة بان الماجما والنشاط البركانى ما هما الا لحظات قصيرة جدا من حياة الكرة الارضية . وان الغالبية العظمى من الصخور قد تكونت نتيجة تحول او اعادة تبلور الصخور الموجودة.

ان انصار النظرية النبتونية الحديثة (نظرية التحول) يرون اهمية كبرى لعملية انتشار المياه والابخرة المائية الى الصخور . ان هذه المياه تذيب معادن معينة وتحملها من المكان الذى تكونت فيه ، ثم تأتى بعد ذلك ابخرة ومياه محملة بأملاح اخرى فترسبها فى هذا المكان الحديث . ولقد كان الودع الذى وجد فى جبل فيسوكايا وسيباى ، قد تكون فى الماضى من الكالسيت . وبعد ذلك ذاب الكالسيت بتأثير ذلك المركب الكيماوى الذى تكون منه الودع ثم حمله الماء بعيدا وترسب فى احدى الحالات ، الحديد ، وفى الحالة الاخرى ، النحاس . وذلك عن طريق الاحلال الكامل للحديد او النحاس محل المادة الكلسية السابقة . وقد حدثت هذه العملية بدقة متناهية ، حتى أن جميع الميزات البنائية الدقيقة التى تزين الصدفة ، قد حفظت .

وهذا لا يعنى أن كل شئ هنا لا يدور نقاش حوله . ان عملية احلال معدن محل معدن آخر يعترف بها حتى المجماتيون انفسهم . لكنهم يؤكدون أن هذا العمل الذى تقوم به الابخرة المائية والماء نفسه ما هو الا نتيجة حتمية لنشاط المستودعات المجماتية التى بردت الآن وانتهى نشاطها . كما انهم يعتبرون أن هذه المحاليل الساخنة تنطلق من الاعماق ، من طبقة الستار الارضى مخترقة طبقة القشرة الارضية ، حاملة معها ثروات مستودعات الماجما .

كما يؤكد اصحاب النظرية النبتونية الحديثة أن مصدر هذه المحاليل الساخنة قد لا يكون طبقة الستار الارضى او مستودعات الماجما . فمثلا ، اصبح الآن من المتفق عليه وجود محيط كبير من المياه التى تغلى ، تبلغ مساحته حوالى ثلاثة ملايين كيلومتر مربع وعلى عمق حوالى كيلومترين او اكثر . يقع هذا المحيط فى منطقة منخفضة غربى سيبيريا . ومن الطبيعى أن هذا المحيط لا يمثل بحرا جوفيا عاصفا . المياه تتسرب الى هذا المحيط من الطبقات المسامية التى تملأ كل الشقوق والفجوات الصغيرة والكبيرة . وتخضع

حركة هذه المياه ، التى تحدث فى الاتجاه الافقى ، لقانون خاص . ويمكن أن نتخيل ما الذى يمكن أن يعمله ماء مغلى موجود على عمق كبير فى باطن الارض ، واقع تحت قوة ضغط شديدة . ان هذه المياه تملك القدرة على اذابة كل ما يخطر على البال من املاح ، وحملها الى مناطق اخرى .

واذا اخذنا بالاعتبار كل هذه الظواهر ، فان النظرية النبتونية الحديثة تقوى من مركزها عاما بعد عام . فقد اكتشف وجود بازلت ، او حجر شبيه بالبازلت يحتوى على بقايا مواد عضوية . ومن المحتمل أن يبدأ من جديد ، ذلك النقاش الذى بدأه فيرنر فى القرن الثامن عشر عن البازلت ، لكنه سوف يبدأ من الاسس التى توصل اليها العلم الحديث — اذ انه حتى الآن لم تقال الكلمة الاخيرة بهذا الصدد .

واليك ايها القارئ ، لماذا اتذكر من جديد ، تلك اللحظات التى بدأت بها وضع كتابى هذا . حفل استقبال قبل افتتاح المؤتمر الجيولوجى العالمى السابع عشر ، وجدل ونقاش الجيولوجيين الشبان . لم نكن نعلم فى ذلك الوقت ، الكثير مما نعلمه الآن عن حياة الصخور .

فمن حسن حظنا انه عاش ، فى تلك الايام ، ذلك العالم الكبير الاكاديمى فيرنادسكى الذى بين لنا انه لا يوجد شئ فى الطبيعة بسيط كما كنا نتصوره . وكان قد اعلن فى ذلك الوقت ايضا رأيه عن الحالة الباردة لباطن كوكبنا الارضى . لقد استطاع بمقدرته الخارقة على التنبؤ العلمى أن يقربنا الى الطرق المختلفة المحتملة لتكون الصخور — تلك النتائج التى نتوصل اليها هذه الايام فقط .

علينا الا ننتظر الرحمة

ان الانسان البدائى لم يكن باستطاعته ان يفكر كيف يمكنه استغلال ما يحيط به من ثروات طبيعية . لكنه بدأ يهتم بذلك فى المراحل العليا لتطوره بان يكون عنده احتياطى من الاغذية وادوات العمل ومواد التحضير .

اما الآن فان الانسانية تقف على عتبة اكتشاف البروتين الصناعى ، وهى مقبلة على عملية تحضير كل ما يزرع فى الحقول فى معامل خاصة .

ما هو اذن ، تاريخ استغلال الانسان للثروات الطبيعية ؟ لقد بدأ الانسان باستغلال ما وجده فى طريقه ، دون ان يبذل اى جهد . فقد كانت توجد كثير من الرواسب المعدنية على سطح الارض مباشرة . كان من الممكن فى ذلك الوقت ان نجد الذهب والنحاس الفطرى (native copper) والقصدير او خاماته ، حتى انه في بعض الاحيان ، كان يمكنه العثور ايضا على الاحجار الكريمة على سطح الارض مباشرة . فمثلا لقد عثر على اول قطعة من الزمرد فى جبال الاورال بالقرب من جذور احدى الاشجار . وان تاريخ العمل فى المناجم ملئ بكثير من الامثلة المثيرة .

لقد انتهى عصر اللقيات ، عصر الحظ السعيد وأصبح الانسان يسعى جاهدا باحثا عن الرواسب المعدنية فى اعماق بعيدة ، لكن الصدفة فى هذا الزمان ايضا تلعب دورا كبيرا . وقد اصبح من الممكن الآن بمساعدة القوانين الجيولوجية الحديثة تقدير احتياطى رواسب الخامات المعدنية . واصبح باستطاعة كل دولة ، تحديد ثرواتها المعدنية التى تكمن فى باطن ارضها . كما

يوجد فى كل دولة مكتب جيولوجى خاص تجمع وتحفظ فيه جميع الوثائق والابحاث الخاصة بالثروات الطبيعية التى توجد فى هذا البلد وكمية هذه الثروات واماكن وجودها . فاذا افتقر بلد ما للخامات المعدنية المختلفة ، فعليه ان يسعى لاستيرادها من اية دولة اخرى .

وبازدياد الحاجة الى الخامات المختلفة بمرور الوقت ، ظهرت فكرة وضع خريطة خاصة يمكن بواسطتها تحديد وتخطيط اماكن البحث عن الرواسب المعدنية . وعلى الرغم من انه لم تصل هذه التنبؤات بعد الى الدقة الكافية ، الا انه قد وضعت هذه الخرائط بالفعل لعدد كبير من الرواسب المعدنية .

وعلى الرغم من هذا المجهود فان هذا العمل قليل . اذ انه كثيرا ما توجد الرواسب المعدنية بكميات ضئيلة لا يمكن استغلالها . وقد بدأت تتبلور وتظهر الى حيز التنفيذ فكرة الحصول على خامات المعادن بالطرق الصناعية . فالماس مثلا ، نادر فى الطبيعة ، واذا وجد حتى فى تلك المناطق التى يكمن فى باطنها الماس ، فان نسبته فى المتر المكعب الواحد من الصخور ، تكون

ضئيلة جدا . وقد تستدعى عملية الحصول على قطعة صغيرة من الماس ان تقوم بتكسير ثم غسل كميات كبيرة من الصخور وبعد ذلك اجراء الفحص الطيفى باشعة اكس عليها . فماذا لو سلكنا طريقا آخر وقمنا بتحضير الماس صناعيا ؟

في السنوات الاخيرة جرى فى الاتحاد السوفييتى ، تحضير الماس الصناعى . وتعتمد الصناعة السوفييتية الآن اعتمادا كليا على الماس . ويلعب الماس الصناعى فى ذلك دورا رئيسيا . وكما نعلم انه لا يمكن ان تقوم صناعة حديثة بدون الماس . وتقول احصائيات الاقتصاديين المختلفة انه لو فقدت الولايات المتحدة الامريكية كميات الماس اللازمة لها ، لانخفضت قدرتها الانتاجية بشكل ملحوظ .

لكن ، هل يمكن تحضير الماس فقط بالطرق الصناعية ؟ طبعا لا . اذ توجد طرق كثيرة لصناعة وتركيز الخامات المعدنية المختلفة : فمن الواضح ان كثيرا من الرواسب المعدنية مركزة ، او بمعنى أدق ، أعيد تركيزها فى الصخور المختلفة . فمثلا يحتوى الجرانيت والصخور المصاحبة له على جميع العناصر

المكونة لجدول مندلييف . لكنه فى كثير من الاحيان توجد هذه العناصر بنسب ضئيلة جدا تجعل من غير المعقول الكلام عن محاولة استغلالها او تركيزها .

ومن المعلوم ايضا ان مياه البحار والمحيطات تحتوى على جميع عناصر جدول مندلييف حتى الذهب . فلو حسبنا كمية الذهب التى يصبها نهر الفولغا سنويا فى بحر قزوين لوجدنا انه رقم خيالى . فمن الحسابات التى اجراها بيلينكين ، يحتوى المتر المكعب من مياه نهر الفولغا على ٤/١ ملليجرام من الذهب . وتقدر كمية المياه التى يصبها النهر سنويا فى بحر قزوين بحوالى ٢٥٠ كيلومترا مكعبا ، تحمل حوالى ٦٠٠ طن من الذهب . هل هذا كثير ام قليل ؟ يمكنك ان تقدر ذلك بنفسك اذا علمت بان الكمية التى استخرجت فى نهاية القرن التاسع عشر فى جميع انحاء روسيا القيصرية قد بلغت حوالى ٣٠ ــ ٣٥ طنا فى السنة .

فى الواقع ان المثل يقول « ان البخيل يلقى حتفه على الذهب » . فاذا تمكنا من وضع جهاز التقاط خاص عند مصب نهر الفولغا ، لامكن الحصول على كميات كبيرة من الذهب . ويا حبذا لو وضعت هذه الاجهزة

عند مصبات جميع الانهار الصغيرة والكبيرة. فمن هذه العملية فقط يمكن الحصول على مصدر للذهب لم نحلم به من قبل . ولو اخذنا بالاعتبار عملية تركيز الفلزات المختلفة ، ليس فقط من مياه الانهار والبحار ، لكن ايضا من المياه الجوفية ، لاصبحت بين ايدينا مصادر لا تنضب على الاطلاق .

كما توجد ايضا طرق اخرى كثيرة .

يعلم خبراء التعدين انه اثناء العمل بالقصدير كثيرا ما تحدث ظاهرة تسمى « وباء القصدير » ونتيجة لهذه الظاهرة فان جميع الادوات المصنوعة من القصدير تتحطم وتتحول الى مسحوق رمادى . لقد قدر خبراء التعدين ان هذا الوباء ، ما هو الا عملية تحول القصدير من صورة الى اخرى . فعند درجات حرارة أقل من ١٣٠ درجة مئوية يتحول القصدير الابيض الى مسحوق قصديرى رمادى ، يصحب هذا التحول انكماش ملحوظ فى الحجم . ولكى نعيد اليه من جديد خواص القصدير اى تركيبه البلورى ، نحتاج الى صهر المسحوق الرمادى مرة اخرى .

وكثيرا ما نلاحظ هذه الظاهرة او ظواهر قريبة الشبه جدا منها فى عالم الصخور .

وتروى الاساطير الشعبية القصص الكثيرة عن «الرجل الذئب». فقد تناقلت الاجيال، انه لكى يتحول شخص ما الى ذئب او اى حيوان آخر، يكفى ان يتحزم بليف ثم تتلى تعاويذ خاصة ، حسب نوع الحيوان المراد تحويله اليه ، فيتحول فى الحال .

اما الآن ، فان قليلا جدا من الناس يؤمنون بهذه الخرافات ، وفى الماضى كانت تعزى جميع الظواهر غير المفهومة الى اعمال السحرة والمستأذبين .

«الصخور المستئذبة» او الصخور المتوحشة ، ظاهرة متكررة فى علم المعادن . وتضم مجموعة الصخور الخاصة لمؤلف هذا الكتاب ، كثيرا من تلك الصخور .

فمثلا ، ثمة صخر يشبه الى حد كبير الكوارتز أو البلور الصخرى. عندما تأخذه فى يدك تشعر بوزنه الثقيل . وإذا حاولت خدشه بالسكين فانه يخدش بسهولة ، مع العلم بان الكوارتز اكثر صلابة من الحديد .

. وقد ظهر بعد الدراسات التفصيلية انه يترك اثرا على الورق بسهولة ، اى ان صلابته منخفضة جدا . واثبتت التحاليل الكيماوية ودراسة الصفات الطبيعية الاخرى المختلفة ان هذا الصخر ، ما هو الا غالينا (galena) عادية جدا تكوّن على شكل كوارتز (صخر متوحش ، صخر مستذئب) .

لقد عانت هذه الصخور المتوحشة من قصة معقدة طويلة حتى اخذت الصورة الخادعة التى تبدو عليها الآن . اذ انه نتيجة التفاعلات الكيميائية المعقدة ، ازال خام الرصاص معدن الكوارتز وحل محله . وهذا يعنى انه قد حدثت فى الطبيعة عمليات أدت الى ذوبان بلورات الكوارتز الرائعة بتأثير التفاعلات الكيميائية للمياه الجوفية ، وتحولها الى محاليل نقلت من المكان الذى تكونت فيه . وفى مكانها تكونت الغالينا التى حملتها المحاليل المائية الجديدة الى ذلك المكان .

لقد كان على هذه المحاليل الجديدة المتدفقة ، ان تجد مكانا تتبلور فيه الاملاح التى تحملها . ولم يكن هناك مكان خال . ونتيجة الصراع من اجل الوجود

فى مكان ما ، فقد شغلت هذه الاملاح المكان الذى كان يشغله الكوارتز من قبل .

ان عالم الصخور ملئ بتلك الامثلة ، امثلة الصراع من اجل الوجود . واعتقد انه من أصدق الامثلة على ذلك ما يحدث لمعدن السيريتسيت . ان الرمز الكيميائى لهذا المعدن ، يشبه الى حد كبير الرمز الكيميائى لمعدن الموسكوفيت (muscovite) او ما يسمى بالميكا البيضاء . ويتلخص ما بينهما من فرق ، فى ان معدن السيريتسيت يتكون من قشور دقيقة جدا قد تصعب روءيتها بالعين المجردة . اما الموسكوفيت فلونه فاتح نوعا ما ، وشفاف متماسك ويوجد فى الطبيعة على شكل أجسام بلورية منتظمة ، يمكن الحصول منه بسهولة على صفائح رقيقة متماسكة .

فى عام ١٩٦٢ نشر الباحث بيتر ياروش ، الذى يعمل فى فرع الاورال لاكاديمية العلوم السوفييتية ، مقالة علمية غاية فى الاهمية . لقد احتوت هذه المقالة على ملاحظاته وابحاثه التى اجراها على معدن السيريتسيت الموجود فى مناطق رواسب النحاس فى الاورال . لانه يأخذ فى تلك المناطق صورة الحجر المتوحش او الحجر

الخداع . ويظهر تحت الميكروسكوب بكل وضوح كيف يلتهم السيريتسيت بلورات الخام (النحاس) . ففى الشروخ الدقيقة الموجودة على البلورات (cleavage) ينمو السيريتسيت ويخترق البلورات ويشغل المكان الذى كان يشغله الخام قبل نموه . ويبدو ان السيريتسيت هنا لا يتطفل على شئ ، اذ يدخل فى تركيب هذا المعدن كثير من العناصر اهمها الالومنيوم والسليكون والبوتاسيوم . ومن المعروف ان وجود البوتاسيوم يجعل الوسط قلويا ، مما يساعد على ذوبان (تأكل) المواد الاخرى . ويحتاج السيريتسيت لبناء هيكله الذرى الى كميات كبيرة من الالومنيوم والاكسجين والسليكون . ومن هذا التركيب الكيماوى للسيريتسيت تتضح لنا اسباب وجوده بكثرة فى الاماكن التى سبق ان تكونت فيها معادن الفلسبار ، والياقوت الاصفر والبيريل ، ومجموعة معادن الغارنيت ، وكثير من المعادن الاخرى التى يدخل فى تركيبها الالومنيوم والاكسجين والسليكون .

يوجد نوع من الاحجار الكريمة يسيل لعاب اى صائغ كان . يسمى هذا الحجر ، حجر السفير المتلألئ

او الياقوت الأزرق النجمى . وقد اكتشف نوع فريد من اللمعان الداخلى فى هذا الحجر . فاذا قلبته بين يديك ، انبعث من باطنه بريق جميل . وقد يبدو ان هذه الظاهرة لا تتوقف على الضوء الساقط على قطعة الحجر .

مر وقت طويل لم يستطع الاختصاصيون خلاله ، معرفة اسباب تلألؤ حجر السفير ، بهذا الشكل . الا انهم قرروا بعد ذلك بمساعدة الابحاث الميكروسكوبية ، ان بباطنه ذرة صغيرة من معدن دخيل ، عرفوا فيه معدن السيريتسيت ، الذى كان قد بدأ بالتهام الحجر النفيس .

ولو استمرت عملية الالتهام هذه ، لاستطاع السيريتسيت ان يقضى على الحجر بأكمله ولتبقى مكانه قليل من قشور السنيريتسيت . لكن امكن ايقاف عملية الالتهام هذه ، وبقيت فى باطن الحجر ، ذرة صغيرة من السيريتسيت المعتدى . وهكذا تكونت النجمة المتلألئة بباطن حجر السفير .

ويمكن ان نفهم أن السيريتسيت يوجد فى المكان الذى توجد فيه تلك المعادن التى يستطيع ان

يلتهمها . لكن ، فى معادن البيرايت (pyrite) والكالكوبيرايت (chalcopyrite) التى تدخل فى تكوين رواسب النحاس ، على اى شئ يستطيع ان يتطفل السيريتسيت ؟ هناك يوجد الحديد والكبريت فقط ، تلك المعادن التى لا يحتاج اليها فى بناء هيكله الذرى . ولكن ثمة سرا آخر غير هذا .

ففى المناطق التى تدخل مركبات الحديد فى تكوين رواسب النحاس ، فان السيريتسيت يتمكن بسهولة من ان يحل محل خام النحاس . ولهذا نجد ان السيريتسيت يحتلّ بسرعة ، الاماكن التى يخليها خام النحاس نتيجة انحلاله .

وهنا نجد أنفسنا امام سؤال يطرح نفسه علينا : ألا يمكن بطريقة ما اجراء عملية معاكسة ؟ اى ان نذيب هذا السيريتسيت ونقصيه عن تلك الاماكن التى التهمها ، كى تحل محاليل الخام محلها ، وتتكون رواسب النحاس من جديد ؟ ولكن هذا ، ما هو الا خيال محض ، حتى انه قد يعتبر خيالا غير علمى لكنه قد يأتى الوقت الذى قد تطرح فيه هذه الاسئلة على بساط البحث .

عند دراسة العمليات التى تجرى فى الطبيعة فانه من المهم الاتفاق حول دورة المحاليل المختلفة : هل ستكون دورات افقية ام دورات رأسية ؟

فاذا اخذت فى الاعتبار فقط ، الدورات الافقية ، اى انتشار المحاليل فى الطبقات السطحية ، فانه يجب علينا الاعتماد على فروض النظرية النبتونية الحديثة . وهذا يعنى اننا نعتمد على المياه الجوفية التى توجد فى الجزء العلوى من القشرة الارضية .

واذا اخذنا فى الاعتبار ، نظرية الدورة الرأسية للمحاليل التى تصدر من اسفل اى من الاعماق ، فسنجد انه لا مناص من دراسة طبقة الستار الارضى الموجودة فى تلك المناطق . ومرة اخرى نجد انفسنا وجها لوجه امام ذلك السؤال المحير اللعين : « ما هى طبيعة طبقة الستار الارضى ؟ »

سيل متدفق من المعلومات

اشارة الى المجهول

منذ زمن بعيد جدا ـ ايام شبابى ـ واتتنى الفرصة للعمل بعض الوقت فى منطقة وسط تيمان ، بالقرب من اعالى نهر ميزين . لم تكن هذه ، هى المرة الاولى التى ازور فيها هذه الانحاء البعيدة . ففى خلال البعثات الجيولوجية المختلفة قابلت عددا كبيرا من صيادى الحيوانات وصيادى الاسماك ايضا الذين علمونى الشئ الكثير .

لقد احببت صيد الاسماك كثيرا . فى الشمال ، فى المناطق القطبية عندما ينتهى النهار ويبدأ الليل بارخاء سدوله ، يبدأ الصيادون باشعال فوانيسهم ووضعها فى مقدمة قواربهم . وكانت فوانيسهم هذه ، عبارة عن كومة من خشب النار او من قشور شجر التامول ، يشعلونها بالشرارة المنطلقة من حك قطعة معينة من حافر

عنزة صلب ، بمقدمة القارب . فى مقدمة القارب يقف الصياد ممسكا بالرمح الخاص بصيد الاسماك بينما يجدف مساعده بمجداف طويل فى المؤخرة ويظل الصياد طوال الوقت يحدق بانتباه شديد ، الى المياه على ضوء الفانوس . انظر ماذا تساوى سمكة واحدة من سمك الكراكى . ضربة واحدة ، وتصبح فى القارب . وهاك سمكة اخرى كبيرة ، مرت بسرعة هائلة بمحاذاة القارب . لقد قذف الصياد رمحه فى اتجاهها . وفى لمح البصر ، اندفع القارب بقوة على سطح الماء ، وبدأ بالاهتزاز مع تموجات الماء . هذا نجاح عظيم . لقد قضى على سمكة السلمون الضخمة هذه ، وأصبح مكانها الطبيعى ، قاع القارب .

انني اذكر الآن ، اللحظة التى تناولت فيها رمح الصيد هذا لاول مرة فى حياتى . كان المفروض ان اصوب الرمح الى سمكة ميتة تقع على عمق متر ونصف المتر عن سطح الماء , لقد حاولت عدة مرات ان اصيب الهدف دون جدوى ، لقد تمكنت اخيرا من اصابة الهدف ولكن ربما بعد المحاولة الثلاثين . لم يكن الاخفاق فى اصابة الهدف ، سببه عدم الخبرة فقط .

بل يوجد عامل آخر ، اذ انني لم آخذ في اعتباري ، قوانين انكسار الضوء في الماء . لقد نسيت أبسط قوانين الفيزياء اثناء التحمس للصيد : الاشعة الضوئية المارة من وسط معين الى وسط آخر تعاني انكسارا .

وما يحدث للاشعة الضوئية يحدث ايضا للموجات السيزمولوجية (الزلزالية) . هذه الموجات التي نبثها الى باطن الارض ، تعاني من انكسارات وانعكاسات مختلفة نتيجة مرورها بطبقات الارض المختلفة . لكن ، كيف ترسل هذه الموجات ؟

تراءت في مخيلتي صورة تلك السنين ، سنين الحرب العالمية الثانية ، عندما رحلت الى مناجم الماس الموجودة في حوض نهر تشوصوفايا . لقد كانت البعثة مكونة من عدد من الجيولوجيين والجيوفيزياثيين . لقد ادهشني في ذلك الوقت ، منظر احدى الفرق الجيوفيزياثية التي رافقتنا . كانت هذه الفرقة ، تضم عدا رئيسها وهو احد الجيوفيزياثيين عشرات الاولاد الحفاة الذين لم تتجاوز اعمارهم ، اعمار تلامذة الصف الخامس . وسألت احدهم ، « ما هذا ؟ رحلة ام ماذا ؟ »

ـ كلا ـ اجاب الجيوفيزيائى ـ انهم العمال الذين يعملون معى ، الوقت وقت حرب ولا يمكنك ان تجد عمالا شبان ، الكل فى ميدان القتال .

وقد لاحظت ان هؤلاء الاولاد كانوا يتناوبون على حمل مطرقة كبيرة فسألته

وهذه لماذا ؟

ـ فى الحقيقة ، لا اعرف كيف ابرر لك هذا الوضع ، الوقت وقت حرب ولا توجد متفجرات . لا بد من ارسال اشارات الى باطن الارض ، حتى يمكننا ان ننفذ الى طبقات الارض المختلفة بواسطة الموجات المنعكسة والموجات المنكسرة .

لقد آثرت ان انضم الى الفرقة المثيرة ، ورحلت معهم للبحث عن الماس .

وعندما اقتربنا من المكان الذى يبدأ عنده البحث ، وقف احد الاولاد وكان يبدو انه اقوى الجميع ـ وفى يده هذه المطرقة الكبيرة . حول هذا المكان وعلى أبعاد معينة وضعت على الارض تلك الاجهزة التى تسمى « أجهزة التسجيل السيزمولوجية » . وهى اجهزة تقوم بتسجيل الذبذبة فى قشرة الارض . اعطى الجيوفيزيائى امره ببدء العمل . بدأت المطرقة بالعمل ، وهوت على

الارض محدثة هزة عنيفة . من ذلك المكان الذى طرقته المطرقة انتشرت فى جميع الاتجاهات ، موجات سيزمولوجية (ذبذبات) فى التربة . ان هذه الموجات تسرى خلال الطبقة الحاملة للماس وتخرج الى الصخور الاساسية التى تقع تحتها . ويستمر جزء من هذه الموجات وهو فى طريقه ، يضعف بالتدريج حتى يتلاشى ، وجزء آخر ينعكس على السطح الفاصل بين الطبقتين ، ويرتد الى سطح الارض ، وتسجله اجهزة التسجيل . كذلك يسجل الوقت الذى يلزم لهذه الموجات المنعكسة من السطح الفاصل لكى تمر خلال الطبقة الحاملة للماس . وبعد القيام ببعض الحسابات اللازمة بواسطة النتائج التى سجلتها اجهزة التسجيل ، يمكن تعيين امتداد هذه الطبقة وعمقها عن سطح الارض ويمكن ايضا حساب متوسط نسبة الماس الموجود فيها ، اى انه يمكن حساب ما تحويه هذه الطبقة من احجار كريمة .

لقد استطعنا القيام بعمل جليل بواسطة هذه الوسائل البدائية جدا . ودهشت مرة اخرى ، من قدرة العقل الانسانى الخلاقة العظيمة . لقد حدث هذا ، فى سنوات

الحرب ، عندما كان الحصول على العمال من أصعب الامور وعندما كان الحصول على المفرقعات يعتبر من المستحيلات . كيف اذن يعمل الجيوفيزياثيون الآن ، فى الظروف العادية ؟

فى عام ١٩٥٨ قرر عمال مناجم الحديد التى كانت تقع على اطراف مدينة باكروفسك — اورالسك ان يتجنبوا الخطر الذى كان يتهددهم باستمرار . فقد كان نهر كالونجا الذى يجرى فوق المنجم يدلف على المنجم باستمرار ، مما جعل العمل صعبا جدا داخل سراديب المنجم الرطبة . اذ أن الملابس العازلة للماء لم تفد بشئ واقترح العاملون فى المنجم ، تحويل مجرى نهر كالونجا وحفر مجرى آخر له . وبهذه الطريقة يمكن للمياه الموجودة فى سراديب المنجم ان تجف تلقائيا .

ومن نتائج الحسابات المختلفة اتضح انه يلزم للقيام بهذا العمل حفر عدد كبير من الحفر وملؤها بالمفرقعات لتحطيم الصخور اللازمة لسد المجرى القديم للنهر .

لم يسبق من قبل ، ان حدث فى الاتحاد السوفييتى انفجار مدمر بهذه القوة . وكان من الطبيعى جدا ، ان

يجتمع في مدينة باكروفسك - اورالسك ، كل من كان يهمه رؤية هذه الاحداث غير العادية ، وعلى رأسهم الجيوفيزيائيون . لقد اخليت منطقة الانفجار تماما من السكان ، ذلك بناء على اجراءات الامن التى كان من الواجب اتباعها . لقد كان عدد رجال الميليشيا فى القطار الذى سافرت فيه الى هذه المدينة ، اكثر بكثير من عدد المسافرين . وكانت قد صدرت الاوامر الى رجال الميليشيا ، بالذهاب من مدينة سفردلوفسك وضواحيها الى مدينة باكروفسك - اورالسك ، للاشتراك فى عملية عزل منطقة الانفجار ، ومنع السكان من الاقتراب منها .

اما الاخصائيون وهواة الاستطلاع ، فقد سمح لهم بمراقبة الانفجار من احد التلال التى تبعد عنه بحوالى ثلاثة كيلومترات . اذ أن خبراء المناجم والمشرفين على الامن العام افترضوا بان الصخور التى سوف تتطاير نتيجة للانفجار ، لن تصل الى هذا التل . ووقف المصورون السينمائيون قرب اجهزتهم فى انتظار لحظة الانفجار . وبدأنا فى تحضير آلات التصوير . واخذنا نستشير المصورين السينمائيين عن مقدار فتحة العدسة وعن السرعة اللازمة للتصوير وهكذا . كان الاضطراب

الذى استولى على مراسل صحيفة « عمال الاورال » التى تصدر فى مدينة سفردلوفسك ، باديا . واخيرا استقر رأيه على تسلق الشجرة الموجودة هناك حتى يتمكن من مراقبة الانفجار ، بصورة اوضح .

وهكذا ، انطلقت صفارة الانذار . بعد عدة ثوان ، سوف يصدر الامر بالتفجير . لقد كان مقررا اجراؤه فى تمام الساعة الثانية من ظهر يوم ٢٥ مارس (آذار) . واخيرا دوت فى عنان السماء طلقة الانذار واعطى مدير العمل فى نفس الوقت اوامره « النار » ثم حدث الانفجار .

واذا نظرنا الى الانفجار على طريقة التصوير البطئ — تصوير الاحداث على شريط بواسطة آلة تصوير سينمائية متوسطة السرعة ، تقوم بتصوير آلاف الصور فى الثانية ، لامكننا رؤية مراحل الانفجار المتتابعة . لقد استمر الانفجار حوالى ١٧٠ ملليثانية . لم تحدث اية خسائر فى المبانى بالبلدة المجاورة ، نتيجة هذا الانفجار القصير البطئ .

ففى اللحظات الاولى انفجرت متفجرات احدى الحفر التى تم تعيينها من قبل ، وكانت هذه الحفرة ، متصلة بجميع الحفر عن طريق سلك تفجير ، قام

بدوره بتفجير جميع المتفجرات الموجودة فيها . طبعا لقد بدا لنا جميعا ان الانفجار قد حدث فى لحظة واحدة هزة قوية عنيفة ، شعلة نار كبيرة ودوى شديد يصم الاذان . لقد كدنا جميعا ان نقع من شدة اهتزاز الارض تحت اقدامنا ، وفى نفس اللحظات انطلقت صيحات الاستغراب والاعجاب .

لقد تجمعت فى السماء على ارتفاعات كبيرة (٣٠٠ — ٤٠٠ متر) سحابة كبيرة من الدخان والنيران وقطع الصخور المتناثرة . اخذت هذه السحابة ترتفع رويدا رويدا. وقد تكوّن فى وسطها عمود ضخم من الدخان الذى نتج من تفجير ١٥٢ طنا من المتفجرات الشديدة الاحتراق . ثم بدأت سحابة الدخان والغبار تتبدد رويدا رويدا فاقدة شكل القبة الذى كانت عليه . ثم حملتها الرياح فى اتجاه البلدة . وقد تتبعت هذا الانفجار وسجلته ايضا ، عدسات آلات التصوير والسينما ، وكذلك محطات تسجيل الزلازل التى وضعت فى اماكن متفرقة ، بعيدا عن مكان التفجير . اذ انه من النتائج المفيدة لاى زلزال اصطناعى ، انه يمكن من توزيع محطات التسجيل السيزمولوجية تحديد

خواص طبقات الصخور فى المناطق المطلوب دراستها .

لقد ساعدنا هذا التفجير على تعيين التركيب الجيولوجى لهذه المناطق من الاورال ، والتى لم تكن مدروسة من قبل دراسة كافية وكانت هذه المعلومات ، اشارات من العالم المجهول .

تتلخص العملية فى ان هذه الموجات التى انتشرت من مركز التفجير ، أو من مركز الزلزال ، تكتسب سرعات مختلفة خلال مرورها عبر طبقات صخور مختلفة . وبما ان هذه الموجات تعانى من انكسارات وانعكاسات متعددة ، فانها ترتد الى مراكز او اجهزة التسجيل فى أزمنة مختلفة . ويعتمد الجيوفيزياثيون على هذه الخاصية ، فى تعيين نوع الطبقات التى تمر فيها الموجة ، وايضا فى تقدير سمك هذه الطبقة وخواصها الاخرى المختلفة .

وقد صدر امر من المحطة الرئيسية ، باللاسلكى ، الى جميع المحطات الفرعية لكى تبدأ اجهزة التسجيل فيها العمل اوتوماتيكيا . وقد استغرق وصول الموجات الاولى (المباشرة) الى مدينة سفردلوفسك حوالى دقيقة واحدة ،

ثم تبعتها بقية الموجات . وفى مدة تتراوح بين الدقيقة والنصف ، والدقيقتين بطئ وصول الموجات المنعكسة والمنكسرة الاخرى . ولقد وزعت فى مناطق متفرقة من الاورال وفى شرقها وغربها ثمانى محطات ، خاصة بتسجيل الهزات الزلزالية . الى جانب ذلك ، قامت جميع محطات تسجيل الزلازل فى الاتحاد السوفياتى بتسجيل هذا الانفجار .

وانتظرنا اكثر من ساعة حتى تتهوى الحفر وتزول منها الغازات ويستطيع رجال الامن فحصها . اذ من المحتمل ان تظل بعض المتفجرات فى اماكنها بدون ان تنفجر . واخيرا انطلقت صفارة الامان ، واندفع الجميع نحو مكان الانفجار لروءية نتيجته . ففى دائرة بلغ قطرها اكثر من ٨٠ مترا حول كل حفرة من حفر التفجير ، اقتلعت اشجار الغابة ، وتكومت جميعها ، وكانت ثمة على الثلوج كتل صخرية كبيرة ، بلغ وزن بعضها مئات الاطنان . وقد كانت هذه الكتل الصخرية ، عبارة عن حمم بركانية شديدة الصلابة . لقد رقدت هذه الصخور فى امن وسلام ملايين السنين (٣٥٠ — ٤٠٠ مليون سنة) ، وبعد هذه الحقبة

الطويلة ، ارتفعت مرة اخرى فى الفضاء ، وانتشرت حول منطقة الانفجار .

لقد استطاع التفجير ان يزيل ما يقرب من ٧٠٠ الف متر مكعب من الصخور ، وقد احدث مجرى بلغ طوله ١١٠٠ متر وعرضه ١٢٠ مترا ، وعمقه حوالى ٣٣ مترا ، وبعد ذلك تدفقت مياه نهر كالونجا فى هذا المجرى الجديد ، بعد ان دعم بالسدود .

وبعد الانفجار كان ينتظر العلماء عمل مضن وشاق ، كان عليهم جمع كافة تسجيلات اجهزة التسجيل فى المحطات السيزمولوجية والعمل الدائب المستمر على دراستها . لقد ادى انفجارا باكروفسك ــ اورالسك وكوروكنسكى الى اكتشاف تركيب القشرة الارضية فى الاورال . لقد تبين ان سمكها يبلغ حوالى ٣٨ كيلومترا ، وتتكون من اربع طبقات يبلغ سمكها ١٠ ، ٧ ، ١٢ ، ٩ كيلومترات على التوالى . وهكذا ساعدت الاشارة التى ارسلت الى المجهول ، والتى عانت من انكسارات وانعكاسات متعددة ، على الكشف عن اسرار هذا المجهول ، كما ساعدت على الكشف عن تركيب القشرة الارضية فى تلك المنطقة .

ومن الدراسات المختلفة للتسجيلات التى تقوم بها اجهزة تسجيل الهزات الارضية ، الطبيعية منها والاصطناعية ، يمكن بالتدريج استكمال الصورة العامة لتركيب ذلك الجزء من كوكبنا الارضى ، الذى نسميه بالقشرة الارضية .

فى الواقع ، ان اصطلاح « القشرة الارضية » غير دقيق على الاطلاق . لقد نشأ هذا الاصطلاح ، منذ زمن بعيد عندما كان الاعتقاد السائد بين العلماء ، بان الكرة الارضية قد نشأت نتيجة تراص مواد مختلفة منصهرة بدأت تبرد بالتدريج مكونة قشرة حولها . لكن الاعتقاد السائد الآن عند كثير من الفلكيين والجيولوجيين يختلف تمام الاختلاف . ومع ذلك فقد ظل هذا الاصطلاح مستعملا على الرغم من تعارضه مع المفهوم العام لنشأة الكرة الارضية . وهذه ليست الحالة الوحيدة من نوعها فى العلوم ، اذ توجد كثير من المصطلحات التى كانت تعنى شيئا معينا فى وقت وضعها ، ثم تغير مفهومها الان وعلى الرغم من ذلك ، استمر استعمالها . وقد يكون ذلك بحكم العادة . القشرة الارضية هى القشرة الارضية . لا بد من تسمية لهذا الجزء من الكرة الارضية !

لقد اثبتت الابحاث المتعددة ، ان القشرة الارضية فى جميع القارات يتراوح سمكها بين ٤٠ و٥٠ و ٦٠ كيلومترا .

ويؤكد العلماء الذين يؤيدون نظرية الطفو (isostaty) ان القارات تتكون من صخور خفيفة نسبيا ، اما قاع المحيطات فيتكون من صخور ثقيلة . وتوجد بينها حالة من حالات التوازن ، من نتيجتها الارتفاع المستمر للصخور الخفيفة . وتقوم عوامل التعرية المختلفة بتكسيرها وترسيبها مرة اخرى فى قاع المحيط فوق الصخور الثقيلة . وترافق عملية الترسيب هذه ، عملية انخفاض مستمر لقاع المحيط ثم غور فى طبقة الستار الارضى . وتتلخص حياة القشرة الارضية فى قصة هذا التوازن بين صخور القارات ، الخفيفة ، وصخور قاع المحيطات ، الثقيلة .

ويجدر ان نشير هنا الى انه اذا كانت هذه النظرية صحيحة ، اذن لاستمرت القارات فى الارتفاع بدون حدود ، ولاستطاعت عوامل التعرية ان تزيل جميع الطبقات التى تغطى طبقة الستار الارضى ، ولظهرت على السطح الصخور التى تكونها . لذلك فان ثمة بعض الشك حول صحة هذه النظرية .

ان القشرة الارضية لا تتكون من نوع واحد من الصخور ، بل تنقسم الى عدة طبقات صخرية مختلفة . فاذا اخذنا قطاعا طوليا من القشرة الارضية ، فان اولى طبقات القشرة (اذا ابتدأنا من سطح الارض) تتكون من صخور رسوبية ترسبت تحت سطح البحر او فى ظروف الترسب القارى . ويختلف سمك هذه الطبقة الرسوبية باختلاف المكان . ففى المناطق الاوروبية من الاتحاد السوفييتى مثلا ، يصل سمك هذه الطبقة الى ثلاثة كيلومترات . وعلى العموم يبلغ متوسط سمك هذه الطبقة فى جميع اجزاء الكرة الارضية ، او على الاصح ، فى اجزاء كثيرة منها الى كيلومتر ونصف الكيلومتر ، كما توجد بعض الاماكن التى تتعرى فيها هذه الطبقة تدريجيا حتى تتلاشى .

وفى المناطق التى تلاشت فيها هذه الطبقة الرسوبية من القشرة الارضية تظهر على السطح الصخور ذات الكثافة الاعلى نسبيا ـ الطبقة الثانية او الثالثة . وتتكون هذه الطبقة ، فى اغلب الاحيان ، من الصخور التى يدخل الجرانيت فى تكوينها . ولذلك تسمي هذه الطبقة « بالطبقة الجرانيتية » .

وفى مناطق كثيرة من الاتحاد السوفييتى ، توجد هذه الطبقة ــ الطبقة الجرانيتية ــ بالقرب من سطح الارض ــ فى الاورال ، فى شبه جزيرة كولسكى ، وفى كاريليا . كما تظهر على سطح الارض مباشرة فى اوكراينا . كما اثبتت الابار العميقة وجود هذه الطبقة فى المناطق الاوروبية من الاتحاد السوفييتى ، تحت الصخور الرسوبية .

وتلى هذه الطبقة الجرانيتية ، فى الجزء الاسفل من القشرة الارضية ، طبقة الصخور الاكثر كثافة . ومن دراسة سرعة انتشار الموجات السيزمولوجية فى هذه الطبقة ، يمكن القول بان خواصها تتفق وخواص الصخور القاعدية ، اى صخور البازلت . واصبح وجود طبقة الصخور البازلتية او الطبقة البازلتية تحت الطبقة الجرانيتية مباشرة ، من الامور المتفق عليها .

ولم يطلق على الحد الفاصل بين طبقة الصخور الرسوبية والطبقة الجرانيتية اى اسم او اصطلاح . بينما سمّى الحد الفاصل بين الطبقتين الجرانيتية والبازلتية ، بـ « كونراد » نسبة الى العالم الالمانى الذى قام بالدراسات التفصيلية لهذا الجزء من القشرة الارضية . اما الحد الذى

يفصل القشرة الارضية عن الطبقات المكونة لاعماق الارض فقد سمى « موخوروفتشيتش » او باختصار « موخو » نسبة الى العالم اليوغوسلافى المشهور الذى يحمل نفس الاسم .

وفى هذا الجزء من صخور باطن الارض تكتسب الموجات السيزمولوجية سرعات عالية جدا . وهذه الطبقات الثلاث التى تكون القشرة الارضية يمكن ملاحظتها فى جميع الاماكن وفى جميع القارات .

اما فى مناطق قاع المحيطات ، وبالذات فى بعض اجزاء المحيط الهادئ والمحيط الاطلنطى ، فيحدث ان يقل بشكل مفاجئ سمك طبقة القشرة الارضية فى مساحات كبيرة . اذ لا يزيد سمك القشرة الارضية فى تلك الاماكن عن خمسة او ستة كيلومترات فقط تغطيها هذه الكميات الضخمة من مياه المحيطات . ولا يزيد سمك الطبقة الرسوبية فى هذه الاماكن عن عدة عشرات الامتار ، وكذلك لا وجود للطبقة الجرانيتية على الاطلاق . اذ ان الطبقات الرسوبية تقع على طبقة البازلت مباشرة .

وبالاستناد الى ما يطرحه باطن الأرض من صخور توجد الآن على السطح يمكن القول بانه توجد طبقة من البيريدوتيت (peridotite) تقع تحت طبقة البازلت مباشرة ، اى تقع فى منطقة الستار الارضى . والبيريدوتيت عبارة عن صخور نارية ذات كثافة عالية ، فوق قاعدية تحتوى على نسبة ضئيلة جدا من السليكا . وتمتاز ايضا بالسرعة الكبيرة لانتشار الموجات السيزمولوجية فيه .

وهذا يعنى انه على عمق يتراوح بين ٤٠ و ٦٠ كيلومترا من سطح الارض فى مناطق القارات ، وعلى عمق يتراوح بين ٥ و ١٠ كيلومترات من سطح الارض فى مناطق المحيطات ، توجد تلك المادة المجهولة التى يحاول الكثيرون تشبيهها بالبيريدوتيت ، والتى تلى الصخر فوق القاعدى الذى كونته الماجما ـ مسقط رأس جميع الصخور ، نتيجة تصلبها .

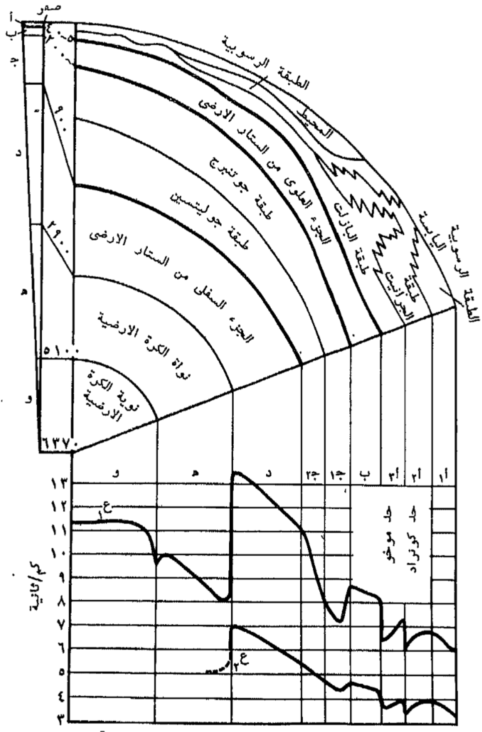
وقد تكون هذه المقارنة غير سليمة وفى غاية السطحية ـ بالمعنى الحرفى والمعنى المجازى لهذه الكلمة . فكما نرى ، نحن لا نعلم عن تلك المادة المكونة لطبقة الستار الارضى ، غير السرعة العظيمة

لانتشار الموجات السيزمولوجية ، التى تميز هذه الطبقة فى جميع اجزاء الكرة الارضية .

وكانت المناطق الجنوبية من امريكا الجنوبية مسرحا لكارثة كبرى منذ وقت قريب . وعانى الشعب التشيلى الكثير من الفاقة والبؤس الذى احدثته هذه الكارثة . فقد تعرضت البلاد فى شهر مايو (ايار) سنة ١٩٦٠ لزلازل عنيفة ، استمرت اربعة ايام ادت الى هلاك وفقد اكثر من اربعة آلاف شخص ، وتركت اكثر من مليونين بدون مأوى .

لقد حدثت اولى الهزات المدمرة الساحقة يوم ٢١ مايو (ايار) تبعتها سلسلة من الهزات الاشد عنفا . ولم تكن الارض ساكنة فى الفترات التى كانت تفصل بين هذه الهزات الشديدة ، بل كانت مسرحا لهزات ارضية ضعيفة نسبيا .

وفى ذلك الوقت كانت تقرع فى منطقة تيموكو الجبلية ، التى كانت تعيش فيها قبائل الهنود كانت تقرع الطبول طوال الليل والنهار . وتوجه السكان المحليون الى آلهتهم متضرعين طالبين العون . وكان يطغى على قرع الطبول هذه صوت اخر مدوّ منطلق من تحت



قطاع الكرة الارضية حسب المعلومات الحديثة . لقد ادخل تعديل على مقياس الرسم حتى يصبح اكثر وضوحا . اما النسب الحقيقية فقد بينت في الجزء الضيق بالجانب الايسر من الرسم . وقد حددت الطبقات الارضية على اساس ملاحظة انتشار الموجات الزلزالية الطولية المنتشرة بسرعة كبيرة ، ويمثلها المنحنى الاعلى ، والموجات الزلزالية العرضية ، ويمثلها المنحنى الاسفل

سطح الارض . وفى لحظات ارتفعت فى عنان السماء من عدة مناطق اعمدة الدخان والغبار التى كانت تأخذ شكل الفطر . تلتها ثورة ١٤ بركانا فى وقت واحد .

اما فى المناطق الساحلية ، فقد تسببت الهزات الارضية فى تدفق الامواج الهادرة مما ادى الى اغراق مدينة بويرتو سافادرا باكملها تحت امواج المحيط .

ولم يقتصر عمل امواج المحيط المدمرة على تشيلى بل اخذت تندفع بسرعة تتراوح بين ٦٥٠ و٧٠٠ كيلومتر فى الساعة مدمرة كل ما يواجهها فى المحيط الهادئ باكمله . لقد قطعت الامواج حوالى ١٥ الف كيلومتر فى ٢٤ ساعة ، واقتحمت شواطئ الشرق الاقصى ، حاملة معها البؤس والدمار لمدن اليابان . لقد دمرت وخربت امواج البحر التى بلغ ارتفاعها اكثر من عشرة امتار كل شئ فى المناطق الساحلية من الجزر اليابانية . وعمّ كثير من مدن وقرى اليابان قلق واضطراب لما لحقها من اضرار بالغة عن الاثار التى تركها هذا الاعصار .

وجدير بالذكر ان الشواطئ الشرقية للاتحاد السوفييتى ، وكذلك بعض المدن والقرى الاخرى فى

البلاد الواقعة شرقى اسيا ، لم تصب بخسائر فادحة . اذ ان اجهزة الانذار تمكنت فى الوقت المناسب من تبليغ سكان السواحل الذين قاموا بترك السواحل ونزحوا الى الاماكن الآمنة . ففى المئة سنة الاخيرة ، كان المحيط الهادئ مسرحا لحوالى ٣٥٠ حادثة من هذا النوع ، جميعها كانت نتيجة زلازل حدثت فى قاع المحيط . وبالتدريج بدأ الناس يتعلمون انه اذا لم يكن باستطاعتهم مقاومة تلك الاعاصير ، فلا بدّ من الحذر والانذار قبل وقوعها حتى يمكن تلافى الهلاك والدمار الذى كثيرا ما تحدثه هذه الاعاصير .

ولقد قام العلماء السوفييت بوضع اطلس للاعاصير يمكّن فى لحظات من تقدير سرعتها ومدى ارتفاع امواجها وقوتها المدمرة .

هذا واستمرت المأساة فى التشيلى ودمرّت مدن فالديفيا ، وكونسيبسيون وكثيرا من المدن والقرى الاخرى ، عن بكرة ابيها .

وقد كتب احد مراسلى صحيفة « مركوريو » الذى كان يطير فوق منطقة الزلازل والبراكين اثناء الكارثة . انه رأى فى مناطق جبال بونتياجودا سحابة من

الغبار الداكن ذات حجم كبير جدا تخترقها السنة النار الارجوانية . لقد كانت هذه السحابة تشبه سحب العواصف الداكنة ، لكن لو اقتربت منها للاحظت انها من السحب التى ترافق ولادة بركان جديد . وكان من الواضح ان هذه السحابة تكونت من الغبار والدخان الذى انطلق من عدد كبير من الفوهات البركانية ، التى احيطت بعضها بالنافورات المائية الساخنة والتى تدفقت منها الابخرة المائية . ومن وقت لاخر ، كان يلاحظ من الطائرة فى الاسفل وجود شحنات كهربائية قوية ، كانت تخترق السحب والهواء . هكذا بدأت الكارثة .

كان من نتيجة الهزات الارضية هذه ، ان تغيرت معالم مناطق كثيرة فى التشيلى . واختفت جزر بأكملها ، وظهرت قمم جديدة . وبلغت قوة الهزة الارضية مقدارا اسطوريا . لقد قدرت هذه القوة بما يعادل الطاقة الكهربائية المتولدة من محطة توليد الكهرباء فى « الدنيبر » طوال مئة وخمسين عاما من العمل الدائب المتواصل . لقد تفرغت هذه القوة الخيالية هنا فى لحظة واحدة !

وكان من الطبيعى ان ترتج الكرة الارضية من جرّاء هذا الزلزال الهائل . لقد امتدت آثار هذا الزلزال ، ليس

فقط على سطح اليابسة والمحيطات ، بل اتجهت الموجات الزلزالية ايضا الى الاعماق ، مخترقة طبقة الستار الارضى ، ونواة الكرة الارضية ومركزها ثم ارتدت مرة اخرى الى سطح الكرة الارضية ، حيث سجلتها اجهزة التسجيل فى محطات تسجيل الزلازل المنتشرة فى جميع انحاء العالم .

فى اليوم الذى حدث فيه الزلزال ، يوم ٢١ مايو (ايار) سنة ١٩٦٠ ، تمكنت محطات تسجيل الزلازل الموجودة فى موسكو من تسجيل الهزة التى حدثت فى الكرة الارضية . لقد سجلت موسكو اشارة الزلزال هذه ، بعد مرور ١٦ دقيقة على حدوثه . ومنذ لحظات حدوث الهزة الاولى ، ظلت موسكو ، وكذلك جميع المحطات فى العالم تتبع الكارثة التى حدثت فى التشيلى . ونتيجة للهزات القوية حدثت ازاحة فى سطح الارض بموسكو بمقدار ١ر٥ ملليمتر . وهذا يعنى انه كان زلزالا مروعا .

ان محطات تسجيل الزلازل المنتشرة فى جميع انحاء العالم تقوم بتسجيل ما يزيد على مئة الف زلزال مختلف القوة كل عام . وحتى يمكن تقييم قوة الزلزال فقد وضع خبراء الزلازل مقياسا مقسما الى اثنى عشر بالا . كما

يمكن تقسيم كل مجموعة من هذه الاقسام الى مجموعات اخرى اصغر ، وهكذا . والزلازل التى لا تزيد قوتها على ثلاثة بالات ، تدخل فى المجموعة الاولى ، وتمثل تلك الهزات الارضية الخفيفة التى لا يشعر بها غالبا . لكن بعض الحيوانات تستطيع ان تشعر بهذه الهزات . فعندما تحدث هذه الهزات ، ينتصب وبر القطاط مثلا ويبدو عليها الاضطراب . وكذلك الحال مع كثير من الحيوانات الاليفة ، اما الطيور فتطير مبتعدة عن اماكن الهزات .

ويستطيع ان يشعر بهذه المجموعة من الهزات ايضا الاشخاص العصبيون . وقد رأيت مرة موقفا مثيرا للغاية حدث فى احد مصحات الامراض العصبية ، فى شبه جزيرة القرم ، حيث كنت اعالج فى ذلك الوقت . فقد حدث فجأة زلزال قوته حوالى ثلاثة بالات ، الجميع مرضى بتوتر الاعصاب وانا ايضا من بينهم ، اننا لم نشعر بشئ على الاطلاق . لكن فوجئنا بالاطباء والممرضات يندفعون الى الفناء بعد ان احسوا بهذا الزلزال . لقد اتضح ان اعصاب الاطباء والممرضات متوترة اكثر منا .

المجموعة الثانية تشمل الهزات الارضية المتوسطة ، التى تتراوح قوتها بين ٤ و ٦ بالات . هذه الهزات يمكن ان يشعر بها الجميع . من امثلة هذه الهزات تلك التى جدثت عام ١٩١٤ في وسط الاورال ومدينة بيرم . لقد بلغت قوة الزلزال ستة بالات . ويتذكر الكثيرون كيف ازيحت الاشياء التى كانت معلقة على الجدران ، وكيف كانت تهتز المصابيح الكهربائية والثريات . وحدث ايضا ان تصدعت بعض المنازل . وفى مدينة بيرفواورالسك هوت مدخنة احد المصانع . لم تحدث خسائر فى الارواح ، لكنها كانت حادثة مثيرة ، بالنسبة لتلك الاماكن .

المجموعة الثالثة تشمل الهزات الارضية التى تتراوح قوتها بين ٧ و ٩ بالات . ويطلق العلماء على هذه المجموعة اسم الهزات المخربة او الهزات المدمرة . فى الواقع ان ما تسببه من تخريب ليس قليلا. تتهدم المبانى العالية ، احيانا تنشق الارض وتبتلع ما فوقها ، وكثيرا ما تحدث خسائر فى الارواح .

لقد رأيت الاثار التى خلفها زلزال بلغت قوته ثمانية بالات فى مدينة كورتشا بالبانيا . عند حدوث

الهزة الارضية ، انهارت مئذنة جامع اثرى قديم ، كما انهارت ايضا بعض المبانى الاخرى .

لقد سبقت حدوث الهزة الارضية القوية ، هزات ضعيفة كانت بمثابة انذار للسكان ، ادت الى عدم وقوع خسائر فى الارواح . لقد تركوا المدينة وانطلقوا نحو الاماكن التى لا تتهددهم فيها اية اخطار مباشرة .

والمجموعة الاخيرة من الهزات الارضية تتراوح قوتها بين عشرة بالات و١٢ بالا ، وكثيرا ما تسمى بالكوارث . لقد بلغت قوة الزلزال الذى حدث فى التشيلى حوالى ١٠ بالات او ١١ بالا ، وهو ابلغ مثال على قوة التدمير فى هذه المجموعة . كما يمكن اعتبار الزلزال الذى حدث عام ١٩٤٨ وكانت نتيجته تدمير مدينة اشخاباد عن آخرها مثالا آخر من أمثلة هذه المجموعة . لقد بقيت بعد الزلزال ، ثلاثة مبان فقط ، كانت لها خاصية مقاومة الزلزال . ويشاد هذا النوع من المبانى فى المناطق التى تتعرض لهزات ارضية مدمرة او كوارث ، بشكل دائم . يدخل فى بنائها الاسمنت المسلح ، وتثبت بمادة خاصة شديدة الصلابة . ويتكون اساس هذه المبانى من قطعة صخرية ضخمة واحدة . اذ انه من المعروف

ان البناء المقام جزء منه على اساس صخرى والجزء الآخر على أرض رخوة يكون معرضا للسقوط بسهولة . كما تستخدم فى تلك المبانى ، الخراطيم المطاطية بدل انابيب المياه والشبكة الكهربائية . اذ انه عند حدوث الهزات الارضية القوية ، كثيرا ما يحدث ان تتقطع الاسلاك الكهربائية العارية وتنفجر انابيب المياه ، عندما تنشق الارض وتعود وتلتئم مرة اخرى . وهنا تنشب الحرائق ، فى الوقت الذى لا يوجد فيه ماء لاطفائها . وقد كان زلزال طوكيو الشهير الذى حدث عام ١٩٢٣ من افظع الزلازل التى حدثت على الاطلاق . فمن استطاع ان ينجو من الهزة الارضية والاندفان تحت الانقاض ، او السقوط فى الفجوات التى ظهرت على سطح الارض وابتلعت ما فوقها ، فقد قضت عليه الحرائق المروعة التى اندلعت بعد الزلزال واستمرت اربعة ايام كاملة .

ويسعى العلماء منذ وقت طويل الى استغلال المعلومات والحقائق المختلفة ، التى يحصلون عليها يوما بعد يوم ، فى عمليات التنبؤ بالزلازل قبل حدوثها . ولو استطاع العلماء ذلك لتغير مصير السكان الذين يسكنون المناطق المعرضة لخطر الزلازل ، ولقلت الاثار الاليمة التى تخلفها تلك الكوارث .

ومن اجل ذلك علينا اولا ان نعين القوانين المختلفة التى تخضع لها تلك الاشارات التى ترسلها لنا الارض نفسها . علينا ان نجد الاجابة الصحيحة على تلك الاسئلة التى تبدو فى حد ذاتها بسيطة : اين ، بأية قوة ، ومتى يمكن ان يحدث الزلزال ؟ يمكن الاجابة بسهولة على السؤالين الاولين . ان محطات تسجيل الزلازل ، تقوم بتسجيل اية هزة ارضية بكل دقة ، وهذه المحطات توجد فى كل من مدن موسكو وسفردلوفسك وبتروبافلوفسك بكمتشاتكا ، واشخاباد ، وفى ياكوتيا ومناطق اخرى كثيرة .

ويضع المختصون اشارات خاصة على خريطة العالم تبين المناطق التى كانت فى وقت من الاوقات مسرحا لهزات ارضية . كما تعكس هذه الاشارات قوة الهزة الارضية التى حدثت فى المنطقة . وبهذه الطريقة يمكن تعيين مناطق الهزات الارضية الشديدة جدا ، اى الكوارث وتلك التى تعرضت لهزات ارضية اقل تدميرا ، ثم اخيرا مناطق الزلازل الضعيفة .

اننا نعلم ان مناطق آسيا الوسطى ، وبعض انحاء الدول التى تحيط بها ، كايران والعراق ، قد تتعرض لهزات ارضية كارثية . ويهدد هذا النوع من الزلازل

منغوليا ومناطق بحيرة بيكال ايضا . كما تحدث هذه الزلازل فى شرقى اسيا ، وعلى العموم على شواطئ المحيط الهادئ . فى تلك المناطق يجب ان نأخذ فى الاعتبار النتائج التى تترتب على هذه الزلازل ، وذلك بتشييد المبانى التى تقاوم الزلازل ، والاهتمام بطرق المواصلات حتى تكون وسائل اخلاء السكان من المناطق المنكوبة فى حالة جيدة وعلى استعداد دائم .

ومن الصعب جدا الاجابة على السؤال الثالث — متى تحدث الزلازل ؟ عندما استطاع العلماء حل الغاز الاشارات التى تبعثها الكرة الارضية فقد تبين انه قبل حدوث الزلازل بعدة ساعات ، يحدث تغيير شديد فى المجال المغناطيسى للارض ، كذلك يحدث ميل فى سطح الارض . فاذا وضعنا فى المناطق التى تتعرض للزلازل المدمرة اجهزة ميل خاصة ، فمن مراقبة فقاقيع الهواء الموجودة داخل مقياس الميل (ميزان مائى) ، يمكن التنبؤ بالزلزال قبل حدوثه بعدة ساعات ، واتخاذ اجراءات الوقاية والامن اللازمة . فاذا اوصلنا جهاز الميل هذا ، بجهاز انذار أوتوماتيكى تكون عملية التبليغ والانذار عن وقوع الزلزال ، دقيقة وسريعة .

ولكن كيف يمكن حل الغاز هذه الاشارات التى يبعثها باطن الكرة الارضية ؟

فى وسط الاورال بالقرب من مدينة سفردلوفسك ، اختيرت كتلة صخرية كبيرة متجانسة تتركب من صخر ذى تركيب كيميائى واحد ، واقيمت فيها محطة لتسجيل الهزات الارضية . ففى قبو عميق رتبت اجهزة السيزموجراف فى اتجاهات مختلفة ، لتسجيل حركة الكرة الارضية .

ها هو مؤشر جهاز التسجيل ، يتجه ببطء الى اعلى ثم الى اسفل ، راسما على ورق خاص ملفوف على اسطوانة معدنية تدور بسرعة معينة ، امام المؤشر ، منحنى يمثل ذبذبات غير منتظمة السعة . وفجأة يرسم المؤشر قفزة كبيرة ثم اخرى . تصل سعة المنحنى الى اقصى درجة يمكن ان يسجلها الجهاز . تدق اجراس الخطر فى المرصد كله ، ويضاء النور الاحمر ، ففى مكان ما ، ربما فى الفيليبين او جزر الهاواى او فى الدائرة القطبية ، يحدث زلزال مدمر مريع ـ الارض تتصدع .

ويراقب الشخص الجالس امام الجهاز بكل دقة واهتمام ، تسجيلات السيزموجراف . ومن تحديد زاوية

دخول الموجات الزلزالية الى الجهاز ، يمكن تقدير قوة هذا الزلزال ومكان حدوثه والوقت الذى بدأ فيه . بعد ذلك يحيل قسم الاشارات هذه النتائج الى مركز خاص تتجمع فيه النتائج المشابهة من جميع محطات تسجيل الزلازل ، ويقوم هذا المركز بتعميم هذه النتائج ومقارنتها والتأكد من دقتها .

ان اية موجات زلزالية تخترق الكرة الارضية بأكملها وتنتشر فيها ، تتعرض لعمليات انكسار او انعكاس ، نتيجة لمرورها بطبقات الارض المختلفة . ان كل انكسار وكل انعكاس يعطى الاشارة الخاصة به ، ومن المهم جدا ان نعرف كيف نحل الغاز هذه الاشارات التى ترد من باطن الارض . ولقد ساعدت الدراسات العديدة التى اجريت على الزلازل ، فى تكوين فكرة واضحة يتفق عليها معظم العلماء عن تركيب باطن الكرة الارضية .

لقد رأينا ان ثمة اشارات سيزمولوجية واضحة موجودة عند السطح الفاصل الذى يسمى بـ « موخو » — وهو الحد الذى يفصل بين السطح العلوى لطبقة الستار الارضى ، وبين القشرة الارضية . ويمكن تحديد طبقات

اخرى غير هذا الحد الفاصل بواسطة اجهزة السيزموجراف .
اذ يمكن تقسيم باطن الارض الى عدد من الطبقات المتمركزة لها مركز واحد هو مركز الارض ، وذلك حسب سرعة انتشار الموجات السيزمولوجية فيها . وتسمى هذه الطبقات الجيوسفير (geosphere) ، او الغلاف الارضى .

وينقسم الغلاف الارضى الى ثلاث طبقات او تقسيمات رئيسية هى القشرة الارضية ، طبقة الستار الارضى ، ثم نواة الكرة الارضية . كما توجد داخل كل تقسيم من هذه التقسيمات الرئيسية تقسيمات فرعية اخرى . فكما رأينا سابقا تتكون القشرة الارضية من تقسيمات طبقية مختلفة .

ان طبقة الستار الارضى تمثل حوالى ٧٠٪ من كتلة الكرة الارضية بأكملها . وتمتد طبقة الستار الارضى من القشرة الارضية حتى عمق حوالى ثلاثة آلاف كيلومتر ، وبالضبط ٢٩٠٠ من سطح الارض .
وتنقسم طبقة الستار الارضى ، الى جزئين رئيسيين ، الجزء العلوى والجزء السفلى . ويتميز الجزء العلوى لهذه الطبقة بأن سرعة انتشار الموجات السيزمولوجية فيه عالية جدا ، عكس ما يحدث فى الجزء السفلى . وينقسم

الجزء العلوى بدوره ، الى عدد من الطبقات الفرعية . الطبقة الاولى تلى القشرة الارضية مباشرة ، يبلغ سمكها حوالى مئة كيلومتر (توجد حتى عمق ١٥٠ كيلومترا من سطح الارض) ويقول المجماتيون انه يوجد فى هذه الطبقة كثير من مستودعات الماجما التى تغذى البراكين كما تقع ايضا فى هذه الطبقة مراكز الزلازل ، او كما يقول الجيولوجيون بؤر الزلازل . تلى هذه الطبقة ، طبقة اخرى هادئة نسبيا ، توجد على عمق يتراوح بين ١٥٠ و ٢٠٠ كيلومتر . وقد سميت هذه الطبقة باسم العالم الجيوفيزياثى المشهور جوتنبرج . وهو اول من وضع هذه الصورة المبدئية عن التركيب الداخلى للكرة الارضية ، التى نتحدث عنها الآن . تلى طبقة جوتنبرج طبقة اخرى لا تحمل اى اسم ، كما لو كانت لا تستحق الذكر ، تقع على عمق يتراوح بين ٢٠٠ و ٤٠٠ كيلومتر من سطح الارض .

تلى هذه الطبقة وعلى عمق يتراوح بين ٤٠٠ و ٨٠٠ كيلومتر عن سطح الارض ، طبقة تتميز بالزيادة الشديدة فى سرعة انتشار الموجات السيزمولوجية فيها ، تسمى بطبقة جوليتسين ، نسبة الى العالم الروسى المشهور

الذى وضع الأسس العلمية لعلم الزلازل ، وكان له ايضا شرف تصميم اجهزة السيزموجراف . اذ انه فى بداية القرن العشرين وضع القاعدة العلمية لدراسة جميع الظواهر السيزمولوجية والزلزالية . ونتيجة لجهوده اصبح علم دراسة الزلازل ، يستند الى اساس رياضى متين .

ان طبقة جوليتسين هذه ، تتميز بنشاطها الشديد . فهنا تتركز بؤر الزلازل الكبيرة ، التى تسمى « الزلازل ذات البؤر العميقة » ولم يستطع العلماء لوقت طويل ، تفسير اسباب تجمع بؤر الزلازل الكبيرة فى هذه الطبقة ، ولكن بالمقارنة بين التركيب الداخلى للذرة ، وما يحدث فيها نتيجة تعرضها لقوة ضغط شديدة ، وبين تركيب باطن الارض ، امكن تفسير الظواهر التى تحدث فى هذه الطبقة من الكرة الارضية . فقد اثبت اختباريا انه عند حدوث قوة ضغط تبلغ مئة الف ضغط جوى تتبعثر الكترونات المدارات الخارجية للذرة ، وتختلط بالمدارات الداخلية . لكن جميع الاجهزة والظروف المخبرية (التى امكن الحصول بها على هذا الضغط الشديد) انفجرت وتحطمت . لهذا فان العلماء

يفترضون بان الهزات الارضية التى تحدث فى طبقة جوليتسين مرتبطة ارتباطا وثيقا بعملية اختلاط الكترونات المدارات الخارجية للذرة ، بالمدارات الداخلية ، مما يؤدى الى حدوث انفجارات ذات قوة هائلة تسبب تدميرا شديدا على سطح الارض .

بعد ذلك تأتى منطقة هدوء مطلق ، لا تحمل اى اسم ايضا . تبدأ هذه الطبقة من على عمق ١٢٠٠ كيلومتر من سطح الكرة الارضية . من هنا يبدأ الجزء السفلى من طبقة الستار الارضى . وفى هذا الجزء تبلغ سرعة انتشار الموجات السيزمولوجية اقصاها . اذ تبلغ حوالى ١٢ ــ ٥ر١٢ كيلومتر فى الثانية . وتظل سرعة انتشار الموجات السيزمولوجية فى هذه الطبقة متساوية تقريبا ولا يحدث فيها اى تغيير . وعلى عمق ٢٩٠٠ كيلومتر تقل سرعة انتشار الموجات السيزمولوجية من جديد بصورة مفاجئة .

بعد ذلك توجد نواة الكرة الارضية التى يدور الجدل والنقاش بدون انقطاع عن تركيبها . يجب ان نعلم انه يوجد نوعان من الموجات . موجات مستعرضة او عرضية وموجات طولية . وتتكون الموجات الطولية

على هيئة تضاغطات وتخلخلات متتابعة للمادة ، تتحرك فى اتجاه انتشار الموجة . اما الموجات العرضية فانها تنشأ نتيجة التواء مادة ما ، وهنا تكون حركة المادة فى اتجاه عمودى على اتجاه انتشار الموجة . كما ان سرعة انتشار الموجات الطولية اكبر من سرعة انتشار الموجات العرضية .

وعند الانتقال من طبقة الستار الارضى الى نواة الكرة الارضية فان سرعة انتشار الموجات الطولية تنخفض انخفاضا مفاجئا — من ٥ر١٢ كيلومتر فى الثانية الى ٥ر٨ كيلومترات فى الثانية . وهذا ما يحدث ايضا بالنسبة للموجات العرضية . اذ تقل سرعتها من ٥ر٧ الى ٥ كيلومترات فى الثانية .

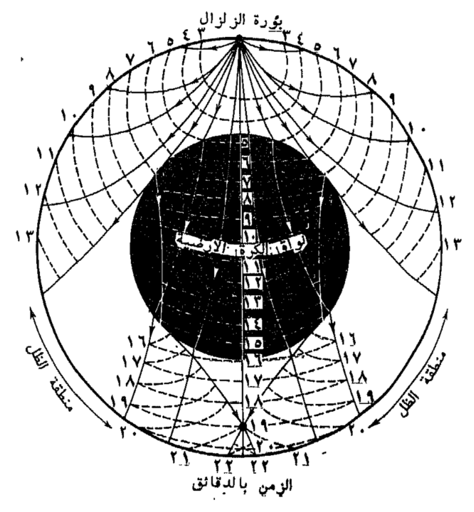
وقد قدر العلماء ان مساحة سطح نواة الكرة الارضية تبلغ حوالى ٧ر١٤٧ مليون كيلومتر مربع . ان هذه المساحة — ٦ر١٤٧ مليون كيلومتر مربع — تعادل مساحة سطح جميع قارات الكرة الارضية مجتمعة . ان هذا التطابق يبدو غريبا ، حتى انه كان مصدرا لفروض كثيرة . وقد كانت بين هذه الفروض فروض مسلية ومضحكة ، ربما كان من الاجدر الوقوف عندها وعرضها

بالتفصيل ، لكن تاريخ العلم ملئ بتلك الامثلة المتشابهة ولا نستطيع ان نتوقف ونعرض كل هذه الامثلة . لكن ، اليكم مثالا طريفا للغاية ، فمن المعروف ان الحكماء في العصور الوسطى اعتبروا الرقم ٧ ، رقما مقدسا ، على اساس انه توجد في رأس الانسان سبع فتحات وفي السماء توجد سبعة كواكب ، وايام الاسبوع سبعة . وقد فسروا هذا التطابق بانه حكمة الهية عميقة المعنى لا يمكن فهمها . ثم ماذا حدث بعد ذلك؟ اثبت العلم ان عدد الكواكب تسعة وليس سبعة . وهكذا لم يبق شئ من اسرار السحر والشعوذة. وماذا يمكن ان نتوقع ، لو وقعت هذه المعلومات في يد احد مؤيدي هذه الافكار ؟ فمثلا لو وجدت فجأة فراشة مساحة اجنحتها تبلغ ١٤٧ر٧ مم٢ لاية نتيجة يستطيع ان يتوصل ! ان انطباق مساحة سطح نواة الكرة الارضية وسطح اليابسة ليس الا مجرد صدفة — صدفة خاطئة . لنترك الآن هذه الفروض جانبا ، ولنستمر في النزول الى اعماق الكرة الارضية .

وكما هو الوضع في القشرة الارضية وطبقة الستار الارضي ، فان نواة الكرة الارضية تتكون من صخور

مختلفة غير متجانسة . فيمكن للموجات العرضية ان تنتشر بسرعة خفيفة جدا حتى عمق خمسة الاف كيلومتر ، بعد هذا العمق تخبو هذه الموجات وتختفى نهائيا . تسمى هذه المنطقة نوية الكرة الارضية . ما هى الحالة التى توجد عليها المادة التى تكون النواة والنوية ؟ فاذا كانت المادة المكونة لطبقة الستار الارضى تفوق صلابتها صلابة الصلب عدة مرات (مثلا فى الجزء السفلى من طبقة الستار الارضى تفوق صلابتها صلابة الصلب ٣ ـ ٤ مرات)، فاية مادة يمكن اذن ان توجد تحت هذه الطبقة ؟ لكن ، هنا تبدأ بعض الظواهر الغريبة التى لم يمكن تفسيرها حتى الآن . الصخور المكونة لنواة الكرة الارضية تزيد صلابتها على صلابة الصلب مرتين تقريبا .

يقول الفيزياثيون بان الموجات العرضية تضمحل حتى تخبو اثناء مرورها فى السوائل . فى النواة تضمحل الموجات العرضية ، وفى النوية تخبو وتتلاشى . فهل هذا يعنى ان هناك سائلا ؟ اى سائل هذا ، الذى تبلغ صلابته ضعف صلابة الصلب ؟ وعلى اى الاحوال ، ماذا يوجد هناك ؟



تنطلق الموجات الزلزالية داخل الارض بسرعة هائلة . اذ تحتاج الى ٢٠ او ٢٢ دقيقة فقط حتى تمر عبر الكرة الارضية كلها. يلاحظ وجود بعض المناطق التى تسمى بمناطق الظل ، وهى عبارة عن ظل نواة الكرة الارضية على سطحها . ومن دراسة المعلومات التى توفرت من تسجيل آلاف الزلازل ، يمكن تحديد موضع نواة الكرة الارضية بدقة.

في وقت من الاوقات ، كان من الممكن سماع ذلك الرأى الذى يقول ان المادة المكونة لنواة الكرة الارضية ، ليست سائلة وليست صلبة ايضا ، ولكنها فى حالة شبه سائلة .

ولكن ظهرت فى الايام الاخيرة بعض الادلة التى تؤكد وجود هذه المادة فى حالة سائلة . فبعد الابحاث التى اجراها الجيوفيزيائى مالادينسكى الحائز على جائزة لينين ، عن التغيير الذى يحدث فى مواقع القطبين ، افترض ان هذا التغيير مرتبط بالحالة التى توجد فيها المادة المكونة لباطن الارض وخصوصا نواة الكرة الارضية ونويتها ، استنتج انه يمكن ان يحدث هذا التغيير فقط ، ما اذا كانت المادة المكونة للنواة والنوية فى حالة سائلة . ان استنتاجات مالادينسكى مقنعة للغاية ، ونظريته منطقية جدا ، لكن تصور وجود سائل صلابته ضعف صلابة الصلب يعتبر من المستحيلات . ومن الغريب ان تكون هذه المادة سائلا !

وتتوالى الايام وترد الاشارات الارضية المختلفة ، التى تسجلها اجهزة السيزموجراف ويعكف العلماء على دراستها وحل الغازها :

اسرار الجاذبية الارضية

تقول الحكمة الهندية القديمة ، ان خواص المادة ثلاث . الخاصية الاولى تسمى « ساتفا » وهى تعنى الخفة والنقاوة . الثانية « رادجاس » وتعنى الاستقرار والحركة والطاقة . والخاصية الثالثة « تاماس » وتعنى الجاذبية والقصور الذاتي والتعتيم . لقد شعر الهنود القدماء بتأثير الجاذبية الارضية . واصبحت قوة الجاذبية الارضية من تلك القوى السحرية الثمانية ، التى يؤمنون بها . كذلك اعتقدوا بان السحرة والمشعوذين يستطيعون بوسائلهم السحرية المختلفة ان يجعلوا اجسامهم اما خفيفة جدا او ثقيلة جدا .

وفى الشعر الشعبى الروسى القايم توجد كثير من الملحمات المثيرة التى تروى قصة البطل سفيتوجور الذى كان يختال بقوته ، حتى قيل انه يستطيع ان يبدل وضع الارض والسماء اذا وجد شيئا يمسك به للقيام بهذه العملية .

اقترب من سفيتوجور احد الفلاحين ، حاملا جرابا القاه على الارض ، وطلب منه ان يلتقطه . حاول سفيتوجور ان يلتقط هذا الجراب ، وهو راكب فرسه ،

لكنه لم يستطع . وترجل من على الفرس وحاول مرة اخرى : ولكنه لم يتمكن ايضا. عندئذ بدأت قدماه تغوران فى الارض ، ثم رجلاه ، ثم غار هو بأكمله ، وابتلعته الارض . وتقول الاساطير ، ان ثقل الكرة الارضية بأكملها كان موضوعا داخل هذا الجراب ، مما اودى بهذا البطل العظيم .

كما توجد عند كثير من الشعوب الأخرى اساطير مختلفة تتحدث عن تركيز الجاذبية الارضية . وعلى سبيل المثال اسطورة البطل باتوك والامير ماركو — البطل اليوغوسلافى . وكذلك اساطير القرون الوسطى التى تروى كيف ان الاسكندر المقدونى وصل الى المنطقة التى تسمّى جنة الارض حيث توجد قطعة حجر صغيرة ، كان من المستحيل التقاطها على الاطلاق . ولربما كانت هذه الاساطير ، تعكس مفهوم تلك الشعوب عن جاذبية وثقل الصخور المختلفة ، الى جانب ما كانت تعرضه من افكار خرافية محضة .

ومن المعروف منذ زمن بعيد ان لكل خط من خطوط العرض تسارع الجاذبية الثابت الذى يسقط به اى جسم لو ترك حر الحركة . ويكون تسارع الجاذبية اكبر

بقليل عند القطبين منه عند خط الاستواء . ويرجع هذا الاختلاف الى اختلاف الاماكن على سطح الارض ، والى شكل الارض نفسها . فقد تعلمنا فى المدارس بان الارض كروية . ثم قالوا لنا بانها على شكل اهليلجى (مجسم القطع الناقص — ellipsoid) عند قطبيها . ثم استقر رأى العلماء بعد ذلك على ان الارض لا تشبه الا نفسها ، ولا يوجد اى تشابه بينها وبين اى شكل هندسى آخر . وعندئذ سمى كوكب الارض بـ جيويد (geoid) وهذه التسمية لا تعنى اى شئ الا شكل الارض ، ولا يوجد لها نظير . والجيويد شكل قريب الشبه من الشكل الاهليلجى (سفيرويد) لكنه يختلف عنه بوجود ارتفاعات وانخفاضات مختلفة .

وفى بعض الاحيان تشبه الارض بالسطح الناقص ذى الثلاثة محاور . وقد اثبت العالمان السوفييتيان كراسوفسكى وايزوتوف ، وجود انضغاط فى الكرة الارضية ، ليس فقط عند القطبين ، بل وكذلك فى المنطقة الاستوائية . لكن كل ما فى الامر ان هذا الانضغاط الموجود فى المناطق الاستوائية ضئيل جدا ويمكن اهماله . اما الانضغاط عند القطبين ، فهو

الاساسى حيث تكون قوة الجاذبية الارضية ، وتسارع الجاذبية ، اكبر بقليل . اذن ما هو الدور الذى تلعبه عملية دوران الارض حول محورها . فعند خط الاستواء تكون قوة الطرد المركزى اكبر ، ولذلك تكون قوة الجاذبية الارضية اقل .

ويمكن كذلك تقدير كمية تسارع الجاذبية لخطوط العرض المختلفة . وتسمى هذه الكمية المحسوبة لتسارع الجاذبية بالكمية الطبيعية او الكمية العادية (normal value) . كما توجد كميات غير عادية (شذوذ) فى قياسات تسارع الجاذبية وذلك فى المناطق التى لا تخضع للقانون العام للجاذبية الارضية الذى يعتبر تكوين الكرة الارضية متجانسا . ومن الوجهة العملية فكثيرا ما يوجد هذا الشذوذ او الحيود فى تسارع الجاذبية فى مناطق كثيرة من سطح الكرة الارضية . وسوف نرى ان هذا الشذوذ والحيود يؤدى خدمات جليلة للجيولوجيين .

ومن الاسباب التى تؤثر على قياسات تسارع الجاذبية وتسبب هذا الشذوذ او الحيود عن القيم الطبيعية المحسوبة نظريا ، اختلاف تضاريس سطح الارض .

فكثيرا ما نلاحظ هذا الشذوذ فى مناطق الجبال العالية : فى مناطق وسط اسيا ، بامير والهيمالايا ، وفى جبال القوقاز . كما يلاحظ ايضا هذا الشذوذ فى مجال قوة الجاذبية الارضية فى المحيطات ، اذ انها تتوقف على تضاريس قاع المحيط .

ولكن هذا ، لا يعنى ان اختلاف تضاريس السطح وحده هو المسؤول عن وجود هذا الشذوذ فى تسارع الجاذبية فثمّة اسباب اخرى . اذ يتوقف الشذوذ فى مجال قوة الجاذبية الارضية ، على درجة تركز الرواسب المعدنية المختلفة وايضا على اختلاف خواص الصخور .

ويقوم العلماء مثلا بالبحث عن طبقة البازلت الموجودة بالقرب من سطح الارض بالطرق الجاذبية — تعيين التغيير او الشذوذ فى تسارع الجاذبية فوق هذه الطبقات ، هذا الى جانب الطرق السيزمولوجية المعروفة . وتستعمل لهذا الغرض اجهزة معقدة جدا ، يمثل الجزء الرئيسى فيها « البندول » . وقد لوحظ منذ وقت طويل ، ان مستوى تذبذب البندول يتغير اذا ما وجد الجهاز فى منطقة جبال عالية ، او اذا قربت اليه اية كتلة ذات كثافة عالية . وكان من الصعب تحديد هذه الظاهرة

عمليا . وبفضل الاكتشافات والاختراعات المختلفة ، امكن ادخال التعديلات اللازمة واصبح من الممكن قياس الانحراف فى مستوى تعليق البندول ، وذلك بتعيين زاوية الدوران فى خيط التعليق المصنوع من الكوارتز . وهكذا اصبح من الممكن تعيين مناطق الشذوذ فى مجال الجاذبية الارضية الذى نتحدث عنه الآن ، وهذا يتيح لنا ، الكشف عن اعماق الكرة الارضية ، وعما يحويه باطنها من رواسب معدنية ، وعن الخواص التى تميز تركيب باطنها .

وقد انتشر فى السنوات الاخيرة استخدام اجهزة الجرافيمتر (gravirmeter) التى يمكن بواسطتها دراسة المجال الطبيعى لقوة الجذب الارضى ، وكذلك تعيين الشذوذ الذى قد يوجد فى هذا المجال . ولم يقتصر استعمال هذه الاجهزة على سطح الارض ، بل استخدمت ايضا فى الكواكب الصناعية التى اطلقت لتدور فى مدارات مختلفة حول الكرة الارضية . أليس من الغريب ان يوجد فى الفضاء ، فى منطقة انعدام الوزن جهاز لقياس الجاذبية الارضية ؟ كل ما فى الامر ، انه عند رصد مدارات الكواكب الصناعية لوحظ انحراف

عن خط السير المرسوم لها . وقد اتضح ان هذا الانحراف كان نتيجة لوجود شذوذ فى قوة الجاذبية الارضية . وهذا يعنى انه لدراسة التركيب الداخلى للكرة الارضية ، علينا ان نطير بعيدا فى الفضاء . من هناك بواسطة الاجهزة الجرافيمترية يمكن بسهولة تعيين طبقات الارض المختلفة ـ الطبقات الرسوبية والجرانيتية وكذلك البازلتية . وهذه من التطبيقات العملية لابحاث الفضاء ، وفى نفس الوقت ، ابحاث على الكرة الارضية نفسها .

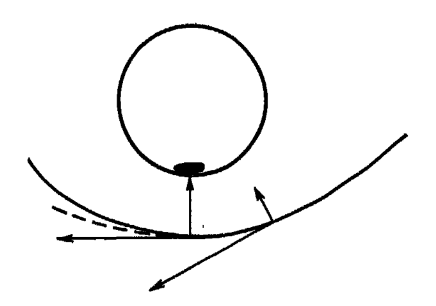
فى حوالى الثلاثينيات ، تمكن العالم الهولندى فيننج مينيس من تعيين المجال الطبيعى للجاذبية الارضية فى المحيطات . لقد كان يقوم بهذه القياسات من داخل غواصة كانت تنزل الى اعماق المحيطات . ولقد واصل من بعده مئات ومئات العلماء وكذلك البعثات المختلفة ، القيام بهذه الدراسات . لقد انتهى الوقت الذى كانت فيه اعماق البحار من المناطق المجهولة والتى كان يرمز لها ببقعة بيضاء . وكشفت الآن لنا عن جغرافيتها وجيولوجيتها .

ويرجع الفضل فى تسجيل وازدياد الابحاث المختلفة التى تجرى للكشف عن الرواسب المعدنية الى

اجهزة الجرافيمترات . اذ ينتشر الجيوفيزياثيون حاملين اجهزتهم الى تلك المناطق التى يجرى فيها البحث عن الرواسب المعدنية ، المعادن الفلزية وغير الفلزية . كما يقومون بتسجيل اى شذوذ فى تسارع الجاذبية ، مهما كان طفيفا . وتصنّف القراءات والنتائج التى يحصلون عليها وترسم الخرائط الجيوفزيائية المختلفة التى تبين توزيع مناطق الشذوذ ـ السالبة او الموجبة فى قوة الجاذبية الارضية .

وكقاعدة عامة ، يبحث الجيوفيزياثيون عن زيت البترول والغازات ، فى مناطق الشذوذ السالبة ، اذ انه من المعروف ان زيت البترول والغازات المختلفة تقوم بملء الفراغات الموجودة فى القشرة الارضية . اما فى مناطق الشذوذ ، الموجبة ، فتوجد الرواسب الثقيلة ذات الكثافة العالية والتى دائما ما تكون مناطق تكدّس الرواسب المعدنية الفلزية ، كما لو كان عمل الجيوفيزياثيين ما هو الا « وزن » مناطق متفرقة من الكرة الارضية ، وتحديد المناطق التى توجد بها صخور خفيفة ، وتلك التى توجد بها صخور ثقيلة .

ومن النتائج التى حصلنا عليها بمساعدة اجهزة قياس



عن طريق رصد تغير مدارات الاقمار الصناعية ، يمكن تكوين
فكرة عن مواقع وجود كتل الجاذبية فى باطن الارض

تسارع الجاذبية فى مناطق كثيرة من سطح الكرة الارضية ، يمكننا عرض سلسلة من القوانين العامة التى تتعلق بتركيب القشرة الارضية وكذلك باطن الارض .

لقد قرر العلماء ان متوسط كثافة مادة الكرة الارضية كلها يبلغ ٥ر٥٢ جم/سم^{٣} ، اما متوسط كثافة القشرة الارضية وحدها فلا يزيد عن ٢ر٦٣ جم/سم^{٣} . ان هذا يعنى ، انه لو كانت الصخور المترسبة فى طبقة القشرة الارضية خفيفة ، فلا بد من وجود صخور ثقيلة فى مركز الكرة الارضية . ولكى نصل الى هذا

الاستنتاج البسيط ، ولتعيين كثافة اية طبقة من طبقات باطن الارض ، ما علينا الا اجراء بعض العمليات الرياضية البسيطة . ولكن اتضح ان هذه البساطة ، ما هى الا ظاهرية فقط ، وان العملية فى غاية التعقيد . اذ نجد انفسنا مرة اخرى امام هذا السؤال القديم : ما هى المبادئ الاساسية لمفهومنا عن الحالة التى يوجد عليها باطن الكرة الارضية والتى ستكون الاساس الذى نبدأ منه القيام بالعمليات الرياضية المختلفة ؟ مرة اخرى نجد انفسنا وجها لوجه امام تلك القوانين والفروض التى يعارض بعضها البعض — قوانين وفروض المجماتيين ، والنظرية النبتونية الحديثة ، التى تؤمن بمبدأ تحول الصخور .

فى نهاية القرن الماضى وبداية هذا القرن ، اى فترة السيادة الكاملة تقريبا ، لنظريات المجماتيين ، كان يحلو للجيوفيزياثيين والجيولوجيين مقارنة تاريخ تطور الكرة الارضية منذ نشأة المجموعة الشمسية ، حتى وقت تغليفها بتلك الصخور التى بردت وكونت القشرة الارضية ، مقارنتها بما يحدث للصخور التى يجرى صهرها فى الافران العالية .

هل واتتكم الفرصة لمشاهدة ما يحدث فى افران الصهر العالية لكتلة من الحديد المصهور ؟ انه عرض تثقيفى جميل . فعلى سطح المعدن المنصهر البراق اللامع ، الذى يؤذى العين ، تسبح طبقة رقيقة من الخبث . واذا ما تباطأت قليلا فى صب هذا المصهور ، فان هذه الطبقة تتجمد ، وتكون قشرة صلبة سوداء . وهكذا يعتقدون ، ان هذه هى الطريقة التى تكونت بها الطبقات الخارجية للكرة الارضية ، اى تكونت نتيجة لتبريد السطح الخارجى للمادة المصهورة .

وقد اثبتت التحليلات المختلفة التى اجريت على طبقة الخبث هذه ، احتواءها على مركبات السليكون والالومنيوم بنسبة عالية . ولو نظرنا الى مكونات طبقة القشرة الارضية لوجدنا انها تحتوى على نسبة عالية من مركبات السليكون والالومنيوم ، الى جانب وجود عناصر اخرى كثيرة . وهذا ما دعى العلماء المشهورين — زيوس ، فيخرت وجولدشميدت — الى تسمية الصخور المكونة للقشرة الارضية بـ « سيال » (sial) . ونلاحظ ان هذه التسمية مشتقة من الرمز الكيميائى لكل من السليكون (Si) والالومنيوم (Al) . ويفترض الجيولوجيون

والجيوفيزياثيون وجود طبقة ذات كثافة عالية تحت طبقة السيال ، تحتوى اساسا على السليكون والمغنسيوم . وقد سميت هذه الطبقة من الصخور « سيما » (Sima) : وهى ايضا مشتقة من الرمز الكيميائى ، لكل من السليكون والمغنيسيوم . اما نواة الكرة الارضية ، حيث يجب ان توجد المواد ذات الكثافة العالية ، فقد افترض العلماء انها لا بد وان تتكون من النيكل والحديد . وقد سميت هذه المنطقة بـ « نيفى » (Nife) . وهكذا كانت الصورة التى كوّنها العلماء ، عن التركيب الداخلى للارض ، فى بداية قرننا .

ولعل من اكمل وجهات النظر فى هذا الموضوع ، ما عرضه الكاتب الروسى المشهور الكسى تولستوى ، فى روايته « السطح الزائد للمهندس جارين » ، فمن المعروف انه اثناء كتابة هذه الرواية ، كان الكاتب يجرى استشارات علمية عما يتعلق بالتركيب الداخلى للكرة الارضية مع الاكاديمى فيرسمان. وكان فيرسمان من العلماء الذين يؤمنون بالنظرية المجماتية .

فلنتذكر كيف رسم لنا الكاتب العظيم ، صورة التراسيب الصخرية المختلفة الموجودة فى باطن الارض ،

من سطحها حتى مركزها . وقد أكد جارين ، (بطل رواية تولستوى) ان تحت سطح الارض ، فى القشرة الارضية ، توجد الصخور الخفيفة . تليها القشرة الارضية ، ثم لا بد ان توجد طبقة من الاوليفين (olivine) أو البيريدوتيت (peridotite) . قد تسمى هذه الطبقة بالحزام الاوليفينى او البيريدوتينى . وهى صخور فوق قاعدية . يلى هذه الطبقة ما يمكن تسميته بالغلاف المعدنى للارض ، ويبدو انها تتكون من الذهب الخالص . لقد كانت طبقة الذهب هذه ، محل اهتمام جارين .

وكما تذكر الرواية ، فقد حصل جارين على ما اراد . فقد تمكن من استخراج كل ما كان يوجد فى هذه الطبقة من ذهب بان حفر منجما عميقا للغاية وصل حتى هذه الطبقة . وتمكن العمال اخيرا بغد سلسلة طويلة من الحوادث المثيرة من الوصول الى طبقة الذهب هذه واستخراج ما فيها . وعندما تم نقل هذا المعدن الثمين الى سطح الارض ، وعلم بهذا الحدث كل سكان الكرة الارضية ، فقد الذهب قيمته :

وعلى الرغم من اتفاق المجماتيين فيما بينهم ، حول المشكلة الاساسية التى تتعلق بتوزيع طبقات باطن الارض ، فان النقاش والجدل لا ينتهى حول اسلم الطرق وادقها فى حل الغاز النتائج المختلفة عن الجاذبية الارضية . كيف تتغير كثافة الصخور كلما تعمقنا فى باطن الارض . وهل يحدث تغيير تدريجى ، ام يوجد تغيير مفاجئ ؟ وقد اخذت فى الاعتبار ، عند القيام بهذه الحسابات ، نتائج العمليات التى تمت داخل افران الصهر العالية ، كما اخذ فى الاعتبار تأثير القوة المغنطيسية للارض . اذ انه يوجد فى الوقت الحاضر ، من يظن بان المجال المغنطيسى للكرة الارضية مرتبط ارتباطا وثيقا بما يوجد فى باطنها من خامات الحديد ومركباته المختلفة . ونرى انه لو أخذ فى الاعتبار ، ان باطن الكرة الارضية يتكون من مركبات الحديد ، لاصبحت الحسابات المطلوبة غاية فى البساطة . وبما ان كثافة الحديد ، او على الاصح ، كثافة مركبات النيكل ـ الحديد تبلغ من ١٠ إلى ١١ جم/سم٣ ، وكثافة القشرة الارضية تبلغ ٢٫٦٣ جم/سم٣ فان هذا يعنى انه من الممكن تقدير القيمة المتوسطة لكثافة كل طبقة من طبقات

الارض : ولو اخذنا فى الاعتبار الكثافة فقط ، لامكن افتراض وجود غلاف فضى ، وغلاف ذهبى ، وهكذا :

وهنا يمكن الاستفادة من النيازك المختلفة . اذ تنقسم النيازك الى نوعين اساسيين : النيازك الصخرية ، تلك التى تدخل فى تركيبها مركبات السليكون، والنيازك المعدنية التى تتكون من الحديد والنيكل :

فى عام ١٩٤٧ ، دوى صوت انفجار هائل أصم الاذان وسقط من السماء نيزك ضخم كبير . وقد ظن الجميع فى بادئ الامر ، ان لواء كاملا من الوية الجيش ، قد افرغ نيران مدافعه دفعة واحدة . تحطم هذا النيزك الى عدة اجزاء وتناثرت فى ادغال سيخوتى ــ ألين : وقامت الفرق العلمية المختلفة على الفور وكذلك الباحثون المحليون ، بالبحث عن هذا النيزك . وقد تم الحصول على اكثر من خمسين طنا من الحديد الذى تخلف عن النيزك . وكان الحديد يحتوى على شوائب من النيكل وبعض العناصر الاخرى .

وقد اعلن مؤيدو النظرية المجماتية انه يحتمل ان تكون النيازك شظايا نواة كوكب شمسى كان موجودا منذ زمن سحيق ، وبناء على هذا الرأى ، يحتمل ان

تكون النيازك الصخرية بقايا قشرة الكوكب ، والنيازك التى تتكون من الحديد والنيكل ، شظايا نواة الكوكب الذى يعتقد وجوده فى تلك المنطقة التى تسمى حزام الكويكبات ، الذى يقع بين كوكبى المريخ والمشترى .
واذا كان هذا الافتراض صحيحا ، فهذا يعنى ان قطعة صغيرة من هذا الكوكب يبلغ وزنها حسب تقدير العلماء حوالى خمسين الف طن قد سقطت فى ادغال سيخوتى — آلين . وقد احترق الجزء الاكبر منها — حوالى ٩٩٫٩٪ — نتيجة مرورها فى جو الكرة الارضية ، وتبقى منها فقط ، الخمسون طنا من الحديد الذى يمثل حوالى واحد من الف ، منها . وهذا الجزء الذى لم يحترق ، وبقى ، يتكون اساسا من المعادن الثقيلة .

لقد ثبت ان الافتراضات التى اعلنها المجماتيون صحيحة . ويقول بعضهم الذين يأخذون فى اعتبارهم التغيير المفاجئ فى سرعة انتشار الموجات السيزمولوجية فى باطن الارض ، بان التغيير فى كثافة الصخور بباطن الكرة الارضية ، لا يمكن اعتباره تغييرا تدريجيا ، من المواد الخفيفة الى المواد الثقيلة . ان التغير فى كثافة الصخور كما يرى هؤلاء ، لا بد وان يكون مفاجئا .

وفى مواجهة المجماتيين ، يقف مؤيدو نظرية التحول . لقد اعلن هؤلاء انه من الخطأ مقارنة باطن الارض وتاريخها والعمليات التى تحدث فيها بتلك العمليات التى تتم فى افران الصهر العالية . لقد حاولت مجموعة من العلماء كانت قد ايدت فى وقت من الاوقات نظرية الاكاديمى شميدت ، حل الغاز النتائج المتعلقة بقوة الجاذبية الارضية منطلقة من موقع آخر . ان احد علماء هذه المجموعة ، ليوستيخ يعتقد بان الارض ، حسب نظرية شميدت ، لم تكن فى وقت من الاوقات فى حالة انصهار ، وان الارض قد تكونت نتيجة تراص بقايا مواد مختلفة كانت موجودة فى الكون — النيازك مثلا — ونتيجة لذلك تكونت كتلة مادية غير متجانسة ، هى الكرة الارضية : كما رفض مؤيدو نظرية شميدت الفرض الذى يعتقد بالاصل الكوكبى للمذنبات . انهم يعتبرون ان النيازك قد تكونت قبل الكواكب بزمن بعيد ، وانها ، اى النيازك ، تعتبر النتائج الاولية لانقسام تلك السحابة الضخمة ، التى كوّنت فيما بعد جميع كواكب المجموعة الشمسية وتوابعها ، ومن ضمنها الارض والقمر .

وهكذا ، فان من وجهة نظر ليوستيخ ، يمكن ان تتواجد داخل الكرة الارضية بقايا النيازك السابقة ، وقد تكون هذه البقايا ، اجزاءها التى تتكون من صخور خفيفة او صخور ثقيلة . ولكل صخرة من هذه الصخور معامل لزوجة خاص بها ، ونتيجة لذلك ، فان المواد الخفيفة ظلت عالقة بالقرب من السطح اما المواد الثقيلة فقد رسبت الى اعماق الارض . ومن نتائج الابحاث التى اجراها ليوستيخ ايضا ، يتبين انه اذا وجد جسم ما قطره حوالى ثلاثة كيلومترات ، فان هذا الجسم ، يستطيع ان يغوص (اذا كانت كثافته عالية) او ان يطفو الى اعلى (اذا كانت كثافته منخفضة) بسرعة تبلغ حوالى ٥٠٠ كيلومتر فى مليار سنة . وبالتالى اذا صغر حجم الجسم المتحرك قلت السرعة التى يتحرك بها الى اعلى او الى اسفل . اى انه اذا بلغ قطر جسم ما كيلومترا واحدا ، لاستطاع هذا الجسم ان يرسب الى الاعماق ، او ان يطفو على السطح ٥٠ كيلومترا فقط ، واثناء هذه الحركة الرأسية لهذه الكتلة الصخرية الموجودة فى الارض ، تتولد كمية هائلة من الطاقة الحرارية ، تكفى لصهر جميع الصخور المحيطة بها . ان هذه

الطاقة كافية لان تحدث فى الصخور المحيطة كل تلك العمليات التى ينتج عنها ذلك التحول الشديد والتكسير والتحطيم والتدمير وهكذا .

وهاكم عالما آخر ، من علماء هذه المجموعة ، باناسينكو الذى يعطى صورة اخرى اكثر تعقيدا عن حالة الصخور الموجودة فى باطن الكرة الارضية . يقول باناسينكو انه يجب علينا ان نأخذ فى الاعتبار قوانين الفيزياء والكيمياء المتعلقة بالتركيب الداخلى للذرة .

فاذا اخذنا مثلا ذرة من ذرات البلاتين وتصورنا ان حجمها يبلغ حجم جامعة موسكو ، ففى هذا النموذج لن يزيد حجم نواة هذه الذرة التى تتركز فيها كتلة الذرة باكملها عن سنتيمتر مكعب واحد .

واذا نزعنا عددا معينا من الكترونات المدارات الخارجية فى الذرة ، لامكن لهذه الذرات ان تقترب من بعضها . فى هذه الحالة يظل التركيب الكيماوى للمادة ثابتا وكل ما يحدث ان يزداد وزنها وتصبح كثافتها اعلى . ويقول باناسينكو ، انه قد يكون من الاوفق ، عدم تقسيم الارض الى طبقات مختلفة على اساس التركيب الكيماوى لهذه الطبقات . اذ من المحتمل ان تكون

المادة التى تتكون منها الكرة الارضية واحدة . تلك التى توجد على السطح هى نفسها التى تقع فى اعماقها .

ولكن تحت تأثير قوة الضغط الشديدة التى تتعرض لها هذه المادة فى باطن الارض ، تحدث تغيرات فى التركيب الذرى لها. وتفيد التقديرات المختلفة بان قوة الضغط فى مركز الكرة الارضية ، تبلغ حوالى ثلاثة ملايين ضغط جوى ، وفى المناطق التى تفصل بين النواة وطبقة الستار الارضى تصل الى حوالى ١ر٥ مليون ضغط جوى . ومن الطبيعى ان يحدث هذا الضغط الهائل ، تغييرا او تعديلا فى بناء الذرات . ومن الطبيعى ايضا ان يختلف تكوين الذرات الموجودة تحت هذه الظروف عن تلك التى توجد تحت ظروف اخرى على سطح الارض : اذ يتغير التركيب الداخلى للذرات . وهذا يؤدى الى زيادة كثافتها ، اى زيادة عدد الذرات فى السنتيمتر المكعب ؛ لذلك فان الصخور ذات التركيب الكيميائى الواحد ، قد تختلف كثافتها ، نتيجة لوجودها على ابعاد مختلفة من سطح الارض ، وقد يحدث ايضا ان يكون هذا التغيير مفاجئا .

وعلاوة على ذلك من المعروف ان اية ذرة لو

فصلت عنها الكترونات مداراتها الخارجية تكتسب خواص المعادن . اذن ، لماذا علينا ان نتوقع وجود حديد فى باطن الارض ؟ قد تكون هناك مادة لها خواص المعادن ، وهذه الخواص قد تكون فقط نتيجة لتغيير جرى فى تركيب ذراتها .

لنرى كيف يحاولون الان حل هذه الالغاز .

منذ زمن قريب ظهرت فكرة تقول انه ضمن الجسيمات الاولية التى توجد فى الذرة يوجد ايضا ما يسمى بجرافيتون (gravitone) ، وهو جسم اولى ، يحمل خواص الجاذبية ، وقد اشتق اسمه من كلمة جاذبية (gravity.) . وفى عالم الجسيمات الاولية ، يمكن ان يتحول الجرافيتون الى بوزيترون (positron) ، والكترون (electron) . كما يمكن ان يتحلل ايضا الى جسيمات اولية اخرى اصغر من ذلك . واذا كان هذا الفرض عن وجود الجرافيتون صحيحا ، فانه تتفتح امامنا آفاق جديدة وامكانيات قوية لاثبات ان وزن المادة (كثافتها) يتغير كلما تعمقنا فى باطن الارض . وربما امكن فى القريب العاجل ، وفى مكان ما التغلب على قوة الجاذبية الارضية ، ومشاكلها ؟

كذلك لم نصل بعد الى حلول نهائية لتلك المعلومات التى تمدنا بها الارض نفسها ، فيما يتعلق بتسارع جاذبيتها . اذ ان الوصول الى حل لكل هذه المشكلات ، يعتبر بداية حل للكثير من المشكلات ، التى تهم التقدم العلمى ، وكذلك مشكلات الاقتصاد الوطنى . وليس من المستبعد ان توضع فى المستقبل القريب ، نظرية واحدة عن تركيب الكرة الارضية . ان هذا يفتح افاقا جديدة فى العلم ، وبالذات فى ميدان البحث عن الرواسب المعدنية واستغلالها .

حول الحر والبرد

يوجد كتاب ممتع جدا عنوانه « الكون والحياة والعقل » للاستاذ شكلوفسكى . فى هذا الكتاب يطرح مؤلفه السؤال التالى : هل توجد حياة على الكرة الارضية ؟ مما لا شك فيه ، ان هذا السؤال يطرح من جانب تلك المخلوقات العاقلة ، التى يمكن ان توجد على اى كوكب من الكواكب الاخرى وخصوصا المريخ .

ان اول انطباع ينشأ عند رواد الكرة الارضية ، لهو انطباع ملؤه الاسى وخيبة الامل . فلو قام جيراننا من احد الكواكب الاخرى ، بقياس درجة حرارة كوكبنا ، لاكتشفوا ظاهرة غريبة للغاية . ذلك انهم يجدون ان درجة الحرارة فى الغلاف الجوى للارض ، مرتفعة جدا . وبالطبع يكون هناك استنتاج واحد فقط ، هو استحالة الحياة على سطح الكرة الارضية تحت هذه الظروف من درجات الحرارة العالية جدا .

وفى نفس الوقت فانهم يلاحظون ما يتناقض وهذا الاستنتاج . اذ انه على الرغم من درجات الحرارة العالية هذه ، فان الارض لا تتوهج . فاذا قاموا بواسطة التلسكوبات اللاسلكية بدراسة درجات الحرارة فى الطبقات السفلى من الغلاف الجوى المحيط بالارض ، لانتابتهم الدهشة والحيرة مرة اخرى . ان درجة حرارة هذه الطبقات اقل بكثير من ١٠٠ درجة مئوية ، وقد يحدث ان تنخفض درجة الحرارة الى ما تحت الصفر . فى هذه الظروف لا يبدو احتمال وجود حياة .

هذه بعض الالغاز المحيرة التى تكتنف كوكبنا الارضى ، اذا ما نظر اليه من الخارج ، الى جانب

ما يطرح علينا ، نحن العلماء من مشاكل لا تقل غرابة او غموضا عن تلك الالغاز .

فى بداية عام ١٩٦٣ ، اجتمع الفلكيون فى قصر جوركى لمناقشة بعض النتائج العلمية التى حصلوا عليها فى السنوات الاخيرة . وقد اثارت الابحاث التى قامت بها مجموعة من علماء مدينة جوركى ، اهتماما خاصا . فقد وضع العلماء فوق قمة آى ــ بترى ، فى شبه جزيرة القرم ، قمرا صناعيا بلغ قطره حوالى خمسة امتار . وقد ادى نموذج القمر الصناعى هذا ، دورة فى مراجعة المعلومات التى كانوا قد حصلوا عليها اثناء دراستهم لسطح القمر الطبيعى والتأكد من صحتها .

وتمكن العلماء الذين كانوا يعملون تحت اشراف الاستاذ الدكتور ترويتسكى من اكتشاف سلسلة من الظواهر المثيرة .

فقد تمكنوا من تحديد نوع الصخور التى تدخل فى تركيب سطح القمر . واتضح من دراسة معامل التوصيل الحرارى لها ، انها تشبه الصخور المتوسطة والقاعدية والحمضية التى توجد على كوكبنا . فمثلا يوجد هناك جابرو وديوريت وجرانيت .

وظهر ايضا ان درجة الحرارة فى سطح القمر ، تعانى من تغيرات مفاجئة مرتبطة باشعة الشمس الساقطة عليه . ولكن درجة الحرارة على عمق غير كبير نسبيا من سطح القمر ، تكاد تكون ثابتة . بعد ذلك تبدأ درجة الحرارة فى الارتفاع حتى تصل الى حوالى ١٠٠٠ درجة مئوية على عمق ٥٠ أو ٦٠ كيلومترا .

وقد تمكن العلماء من رسم منحنى درجة حرارة القمر ، الذى اخذ فى الارتفاع المستمر . واستنتج العلماء وجود تشابه كامل بين ما يحدث على القمر ، وما نلاحظه نحن على الارض .

اننا نترقب ما اذا كان العلماء يستطيعون ان يقولوا انهم فى حالة تمكنهم من رسم منحنى درجة حرارة الكرة الارضية ؟ طبعا يمكن الرد على هذا السؤال ، ولكن بشئ من التحفظ . اذ انه يجب اولا تقسيم هذا السؤال الى جزئين غير متساويين . علينا ان نجيب عليهما بصورة مستقلة . ألا ترون معى ان درجة حرارة الغلاف الجوى للارض ودرجة الحرارة فى الكرة الارضية نفسها تختلفان ؟

يمكن رسم منحنيات درجات حرارة الغلاف الجوى المحيط بالكرة الارضية ، بصورة دقيقة . ففى

الواقع ، لو امكن القيام بتسجيل الملاحظات المطلوبة من سطح المريخ ، لاصبح لدينا ما يمكن مقارنته بتلك الابحاث التى اجريت على سطح الارض فى السنوات الاخيرة . فعلى ارتفاعات كبيرة جدا تبلغ درجة الحرارة مقادير عالية جدا . وكلما اقتربنا من سطح الكرة الارضية ، كلما انخفضت درجة الحرارة . وتميز هذه النهايات الصغرى والعظمى ، خواص المنحنى ونوعه .

ولقد تبين ان مناطق النهايات الصغرى فى درجة الحرارة تقع على ارتفاع يتراوح بين ٥٠ و٧٠ كيلومترا و١٠ او ٣٠ كيلومترا من سطح الارض . اما مناطق النهايات العظمى فتوجد على ارتفاع يتراوح بين ١٠٠ و١٥٠ كيلومترا وعلى ارتفاع من ٤٠ الى ٥٠ كيلومترا من سطح الارض . وتصل درجات حرارة مناطق النهايات الصغرى الى ٧٠ — ٧٥ درجة مئوية تحت الصفر . وفى مناطق النهايات العظمى تصل الى ١٠٠ درجة مئوية او اكثر . وفى منطقة النهاية العظمى البعيدة من سطح الارض ، تصل درجة الحرارة الى عدة آلاف . وقد استطعنا الحصول على كل هذه المعلومات باستعمال طرق البحث الحديثة ومن ضمنها الصواريخ الجيوفيزيائية

المختلفة والكواكب الصناعية التى تدور حول الارض.

ولكن ، لو اراد سكان المريخ ، تعيين درجة حرارة طبقات باطن كوكبنا الارضى وعلى وجه الخصوص طبقة الستار الارضى ، ونواة الكرة الارضية ، لواجهتهم صعوبات كثيرة لا يمكن التغلب عليها . وللاسف نحن ايضا سكان كوكب الارض نجد انفسنا تقريبا امام آراء وافتراضات كثيرة ، كان من الممكن ايضا ان يتوصل اليها سكان المريخ . نذكر على سبيل المثال نقاشنا الذى دار حول درجة حرارة كوكب الزهرة ، وهكذا نرى انه لا توجد تقريبا نتائج دقيقة .

حتى القرن الماضى ، كان من المسلم به ان درجة الحرارة ترتفع كلما تعمّقنا داخل الكرة الارضية . ففى مناجم ومقالع الاحجار ، وكذلك فى الآبار غير العميقة ، لوحظ ان درجة الحرارة ترتفع بمعدل درجة مئوية واحدة كلما تعمقنا ٣٣ مترا فى باطن الارض . وقد انتشرت هذه النتائج فى جميع الكتب الدراسية فى جميع انحاء العالم ولم يشك احد على الاطلاق بعدم صحتها . لكن بعد القيام بعمليات الحفر العميقة اصبح

من الواضح ان معدل ارتفاع درجة الحرارة هذا ، لا يمكن ان يكون اساسا لاستنتاج اية صورة من صور تغيير درجات الحرارة ، حتى فى الطبقات السطحية للارض . فقد اتضح ان معدل الارتفاع فى درجات الحرارة على سطح الكرة الارضية يختلف اختلافا كبيرا من مكان لآخر ، ففى بعض الاماكن نرى ان معدل الارتفاع فى درجة الحرارة اكبر بكثير من المعدل السابق ذكره ، وفى اماكن اخرى ، يكون اقل بكثير . وكثيرا ما يحدث ان ترتفع درجة الحرارة اولا ثم يعقب هذا الارتفاع انخفاض مفاجئ فيها . من كل هذه الحقائق نستنتج ان لكل منطقة من مناطق سطح الكرة الارضية نظامها الخاص فى توزيع درجات الحرارة وفى معدل تغييرها .

ففى شبه جزيرة كولسكى مثلا ترتفع درجة الحرارة بمعدل درجة واحدة لكل ١٥٠ أو ١٦٠ مترا . ويلاحظ هذا المعدل ايضا فى ارتفاع درجة الحرارة فى عدد من آبار استخراج البترول فى مناطق نهر الفولغا مع العلم بأن هذا الارتفاع ، فى درجة الحرارة لا يتم تدريجيا بل على مراحل . وفى حالات اخرى كثيرة يحدث هذا

التغيير بصورة مفاجئة نتيجة لدورة المياه الجوفية في طبقات الارض .

في منطقة يانجان ـ تاو ، في جنوب الاورال ترتفع درجة الحرارة بشكل فجائي حتى تصل الى ٣٠٠ درجة مئوية على عمق حوالى ٣٠٠ متر عن سطح الارض . بعد ذلك كلما ازداد العمق ، كلما قلت درجة الحرارة من جديد . في هذا المكان يوجد شذوذ شديد في درجة الحرارة . ربما يكون هذا الشذوذ ، نتيجة لعمليات تأكسد الكربون او قد يكون نتيجة لوجود مواد مشعة . فقد لوحظ مثلا ، ان الغازات الصاعدة من مناطق درجات الحرارة العالية هذه ، تكون ملوثة بكميات ضئيلة من المواد المشعة .

كما لوحظ هذا الشذوذ الحرارى في مناطق اخرى كثيرة على الكرة الارضية . ان هذه المناطق ، اى مناطق الشذوذ لا تخضع لاى نظام ولا يمكن وضع نظام عام لها .

ولكننا لو قبلنا ظاهرة ارتفاع درجة الحرارة كلما تعمقنا في باطن الارض ، بمعدل درجة مئوية واحدة لكل ٣٣ مترا ، فان درجة الحرارة في نواة الكرة الارضية تبلغ رقما خياليا ـ ما لا يقل عن ٢٠٠ الف درجة

مئوية ! ولو كانت هذه هى الحقيقة وان درجة حرارة مركز الكرة الارضية تبلغ هذا المقدار الهائل ، لانفجر كوكبنا منذ زمن بعيد ولتحول الى سحب غازية . لذلك فان العلماء والبحاثة العاملين على تعيين نظام توزيع درجات الحرارة فى مناطق الارض ، يقومون باختصار هذا الرقم الهائل ، كل حسب رأيه الخاص .

فلقد اعتبر الجيوفيزيائى جوتنبرج مثلا ، الذى قام بدراسات وابحاث حول هذا الموضوع ، ان درجة الحرارة تحت القشرة الارضية ثابتة ولا تزيد عن اربعة او خمسة الآف درجة مئوية . ويؤكد علماء آخرون بأن درجة الحرارة ترتفع كلما زاد العمق بشكل منتظم وان أقصى مقدار تبلغه درجة الحرارة فى نواة الكرة الارضية ، هى عشرة آلاف درجة مئوية .

وفى عام ١٩٣٤ اعلن الاكاديمى فرنادسكى فى احدى محاضراته ، ان درجة الحرارة ، قد تقل كلما تعمقنا داخل الكرة الارضية . وقد أحدث هذا الرأى ، رد فعل عنيف عند كثير من العلماء اثناء انعقاد المؤتمر الجيولوجى العالمى السابع عشر الذى جرى الحديث عنه فى بداية هذا الكتاب . لقد ظهر فى ذلك الوقت مدى

تغلغل التقاليد بقوة ، وتأثير التعود على استعمال فرض مريح .

ثم لاقت آراء فرنادسكى فيما بعد، تأكيدا وتأييدا من نظرية شميدت . وعندما اخذ العلماء باعتبارهم ظاهرة النشاط الاشعاعى ، ازدادوا يقينا من أن نظام توزيع درجات الحرارة فى الكرة الارضية معقد للغاية . وقد قيل انه اذا كانت العناصر المشعة — راديوم ، ثوريوم ، يورانيوم — موزعة فى الكرة الارضية بشكل منتظم او يكاد يكون منتظما ، لاصبح من المحتم ان تسخن الكرة الارضية . ان تجمع الطاقة الحرارية المتولدة من اشعاعات المواد المشمعة لكانت كفيلة بان تجعل الكرة الارضية تمر بمرحلة انصهار كامل منذ زمن بعيد .

وفى معهد فيزياء الارض ، التابع لاكاديمية العلوم السوفييتية انتهت الباحثة لوبيموفا منذ وقت قريب من حساب التوازن فى الطاقة الحرارية للارض . وبالاستناد الى متوسط توزيع المواد المشعة فى القشرة الارضية ، اعلنت الباحثة ان باطن الارض لا بد وان يحتوى على نفس الكمية من المواد المشعة . وعلى هذا الاساس فان نواة الكرة الارضية التى كانت باردة منذ نشأتها لا بد

وان تصبح كتلة مصهورة ملتهبة . وقد قامت الباحثة ايضا بتقدير الزمن اللازم لكى تصل الكرة الارضية ، الى حالة الانصهار الكاملة ، وحددت العمليات التى تحدث فى اعماقها ، ومدى تأثير هذه الطاقة الحرارية على ظاهرة الزلازل وعلى تصدع القشرة الارضية . ويمكن القول بان هذه الدراسات تؤكد ان الكرة الارضية فى الوقت الحاضر تسخن .

لكن لا يوجد حتى الآن الدليل القاطع على انتشار المواد المشعة بانتظام فى جميع مناطق الكرة الارضية . ولهذا السبب فان عددا كبيرا من العلماء ، خصوصا أولئك العلماء الذين يؤيدون وجهات نظر المجماتيين ، يعتقدون بان الكرة الارضية قد قطعت مرحلة الانصهار الكامل . وأنها الآن تبرد ، وأن السلاسل الجبلية المختلفة قد تكونت نتيجة برودة وانكماش كوكبنا الارضى ويمكن تشبيه هذه العملية ، بما يحدث للقشرة التى تغلف التفاحة ، فانها تنكمش وتتجعد عند ذبول التفاحة .

ومن الآراء المثيرة تلك التى تعتقد بوجود تيارات « الحمل الحرارى » فى طبقة الستار الارضى . اذ يعتقد هؤلاء العلماء انه نتيجة برودة سطح الكرة الارضية ، تتجه

اليه تيارات الحمل الحراري من باطن الارض التى تحافظ على النظام الحرارى للارض .

واذا اعتمدنا على وجهة نظر الاكاديمى فرنادسكى واعتبرنا ان الارض فى الماضى لم تكن كتلة ملتهبة ، عندئذ يمكن ان نتوقع وجود مناطق درجات حرارة سالبة فى الاعماق ، فى المناطق البعيدة جدا عن سطح الارض . ولو قارنا بما يوجد فى الغلاف الجوى المحيط بالارض وأخذنا بعين الاعتبار ، خواص هذا الوسط والظروف الطبيعية الموجودة ، يمكن الافتراض بانه توجد فى باطن الارض ايضا مناطق النهايات الصغرى والنهايات العظمى فى درجات الحرارة . وقد تبلغ درجة الحرارة فى بعض المناطق الصفر المطلق . الا يحل هذا الاستنتاج ألغاز الموجات السيزمولوجية التى تفترض وجود مواد سائلة فى باطن الارض ؟

من المعروف انه عند درجة حرارة منخفضة تبلغ ٢٧٣ درجة تحت الصفر ، اى الصفر المطلق او بالقرب منها ، تنشأ الظاهرة المعروفة باسم فوق السيولة . عندها تبدأ الصخور بصورة مفاجئة باكتساب خواص جديدة ، لا يمكن اكتسابها فى ظروف درجات

الحرارة العادية . ألا يمكن تفسير خواص المادة الموجودة فى اعماق الارض على هذا الاساس ؟ .

هذه هى الاسئلة التى تبرز عندما نبدأ بدراسة مسألة توزيع درجات الحرارة فى باطن كوكبنا . وحتى الآن ، يتصارع هذان الرأيان . الاول — وجود درجات حرارة عالية ، وعالية جدا فى باطن الارض ، الثانى — الحالة الباردة* الخامدة التى توجد عليها اعماق الكرة الارضية . ايّ واحد منهما صحيح ؟ لم يستطع العلم حتى الآن ، ان يعطى اجابة قاطعة على هذين السؤالين .

ما لا يوجد فى الكتب الدراسية

تتحدث احدى الاساطير البشكيرية الجميلة عن القبائل الرحل وعن كيفية صدّها لغزوات التتر والمغول . لقد حمى وطيس معركة بالقرب من جبل ماجنيتنايا واعتصم المدافعون بالجبل بعد أن بقى منهم عدد قليل . وتدفقت جماعات الغزاة مزمجرة غاضبة مهاجمة بكل قوة واخذت تمطر البشكيريين بوابل من السهام . ولكن ، ماذا يحدث ؟ ان قاذفى السهام فى عجب

واستغراب . ان سهامهم كانت تنجذب بفعل قوة الجذب المغنطيسية الموجودة فى الجبل ، واصبح الجبل الحصن الامين فى تلك المعركة الحاسمة. ــ هذا سحر ــ صاح قواد التتر والمغول وعادوا ادراجهم من حيث اتوا ، خائبين .

وهكذا كان يشار الى الخواص المغنطيسية فى الملحمات الشعبية القديمة ، ونحن نعلم بكل تأكيد ان هذه القوة ليست من خواص خام المغنيتيت الموجود فى جبل ماجنيتنايا أو اى مغنينيت على وجه الارض : لقد تقرر مرة ان تعرض فى المتحف الجيولوجى بمعهد التعدين فى سفردلوفسك قطعة من المغنيتيت تكون لها القدرة على جذب الاشياء المصنوعة من الحديد . واخيرا وبعد جهد جهيد وبعد فحص مئات العينات وجدت تلك القطعة التى يمكنها جذب الابر الحديدية والمسامير الصغيرة ، فقط . ان هذا المغنطيس ، لا يستطيع طبعا ان يجذب اى سهم من تلك السهام التى كان يصوبها التتر والمغول .

اذا اخذنا أى مغنطيس عادى ، من الذى نجرى عليه التجارب البسيطة فى المختبرات المدرسية ، لرأينا

كيف يجذب هذا المغنطيس ابرة البوصلة . وعندما نحاول تفسير اسباب المغنطيسية الارضية التى تؤثر على ابرة البوصلة ، فسوف نلجأ الى هذه المقارنة مضطرين .

يقال انه يوجد فى باطن الكرة الارضية قلب حديدى كبير . فهل هذا صحيح ؟ لو قبلنا وجهات نظر المجماتيين وقارنا بين ما حدث فى احدى مراحل تطور الكرة الارضية وما يحدث لقطعة من الحديد الزهر ، عند تبريدها ، فان فرض وجود القلب الحديدى فى باطن الكرة الارضية قد يخطر على البال من نفسه . لكن ما العمل اذن ، مع « نقطة كورى » ؟ وهى النقطة التى تصل درجة الحرارة عندها الى ٧٦٠ درجة مئوية والتى عندها يفقد الحديد خواصه المغنطيسية . ان هذا يعنى ان درجة الحرارة فى باطن الارض لا بد وان تكون اقل من ٧٦٠ درجة . لكن هذا الاستنتاج ، لا يجد قبولا لدى المجماتيين انفسهم ؟ اذ انه يتعارض مع نظريتهم التى تفرض وجود نواة الكرة الارضية فى حالة انصهار .

ولكن يمكن التوفيق بين فكرة وجود قلب حديدى كبير ، داخل الارض والاعتقاد بوجود درجات حرارة

عالية جدا فى باطنها . فقد يلجأ بعض العلماء الى استعمال الحسابات الرياضية . وقد اثبتت هذه الحسابات بان « نقطة كورى » تتأثر بالضغط وأنه عند وجود ضغط يبلغ حوالى ثلاثة ملايين ضغط جوى تصل « نقطة كورى » الى حوالى ٤٢٤٠ درجة .

الظواهر المغنطيسية ! علينا ان نتعلم كيف نحل ألغازها . وما بين ايدينا من معلومات عن سلوك الابرة المغنطيسية كثيرة ومختلفة .

منذ حوالى ٣٠٠ سنة قررت الجمعية الملكية فى لندن ، القيام بابحاث منتظمة حول سلوك ابرة البوصلة . اولا وقبل كل شئ قرر العلماء دراسة انحراف الابرة . فمن المعروف ان الابرة المغنطيسية لا تشير الى القطب الجغرافى ، لكنها تشير الى القطب المغنطيسى . وتوجد دائما زاوية معينة بين الوضع الذى تأخذه ابرة البوصلة فى المجال المغنطيسى للارض– اتجاه الزوال المغنطيسى ، وبين اتجاه الزوال الجغرافى. وتسمى هذه الزاوية بزاوية الانحراف . ويمكن لهذه الزاوية أن تعيّن اى مكان على سطح الكرة الارضية . واذا ما وصلت جميع النقط

التى تتساوى فيها زاوية الانحراف فان المنحنى الناتج يسمى بخط الزوال المغنطيسى .

ومعرفة زاوية الانحراف مهمة للغاية خصوصا لمن يعملون فى البحار والطيارين . وحتى وقت قريب كانت الابرة المغنطيسية تلعب الدور الرئيسى فى توجيه البواخر حتى تسير فى طريقها المرسوم . ان الابحاث التى قامت بها الجمعية البريطانية والتى استمرت ثلاثة قرون تعتبر ابحاثا قيّمة للغاية . اذ اننا بمعونة زاوية الانحراف ، وبعض المعطيات الاخرى ، نقوم بتعيين ما يسمى بالمجال المغنطيسى الطبيعى للارض الذى يمتاز بنظامه الخاص . واتضح ان هذا المجال غير ثابت وانه يتغير مع الزمن . وقد اصبحت تقوم بهذه الدراسات الآن جميع المراصد الجيوفيزيائية الكبيرة فى جميع انحاء العالم .

ومن القيم التى تميز المجال المغنطيسى الطبيعى ، علاوة على زاوية الانحراف ، ما تقوم به المراصد المختلفة الآن من دراسات وهو ما يسمى بالميل . ان ابرة البوصلة تأخذ وضعا افقيا فقط فى المناطق القريبة من خط الاستواء . أما عند القطبين فانها ، عمليا

تأخذ وضعا عموديا وفى المناطق الواقعة بين خط الاستواء والقطبين ، تأخذ الابرة اوضاعا مختلفة ، وبالتالى زوايا ميل مختلفة بالنسبة للمستوى الافقى . واذا ما وصلنا النقط التى تتساوى فيها زاوية الميل ، فان عائلة المنحنيات الناتجة ، تكاد تنطبق على خطوط العرض المعروفة .

يقال بان المركبة الثالثة للمجال المغنطيسى للارض ، هى القوة التى تنجذب بها الابرة المغنطيسية نحو القطب . وقد قام العلماء بصفة خاصة بابراز هذه القوة وقياسها . ان قوة الجذب هذه ، تكون عند القطبين اقوى بكثير منها عند خط الاستواء .

واذا تصورنا خطا يصل بين القطبين المغنطيسيين ، محور المغنطيس ، فسوف نرى ان هذا الخط لا يمر بمركز الكرة الارضية ، لكنه يمر على بعد حوالى ١٢٠٠ كيلومتر منه . واذا كان المجال المغنطيسى ناشئا نتيجة لوجود قلب حديدى داخل الارض ، فان هذا القلب يجب ان يكون بعيدا عن مركز الارض ، اى قريبا الى السطح فى منطقة معينة .

وهاكم تعارضا آخر مع هذه النتائج . فمن دراسة تركيب الكرة الارضية بالطرق السيزمولوجية استنتجنا وجود

طبقات الغلاف الارضى ، وهى طبقات كروية متمركزة ، ولم تكشف الابحاث اطلاقا وجود تلك الطبقة المفروض فيها ان تكون غير متمركزة . كيف اذن يمكن تفسير هذا التناقض بين نتائج الابحاث السيزمولوجية ونتائج الابحاث المغنطيسية ؟ لا توجد غير نتيجة واحدة : وهى أنه لا وجود لاى قلب حديدى فى باطن الكرة الارضية .

من المعلوم انه يوجد فى مناطق كثيرة من العالم تشويش فى المجال المغنطيسى الطبيعى . اذ يلاحظ فى تلك المناطق ، وجود شذوذ كبير فى المجال المغنطيسى . وعلاوة على ذلك فدائما ما يحدث ان تشير الابرة المغنطيسية الى اى اتجاه يحلو لها ولا تشير الى القطب . ومن اعظم واكبر مناطق الشذوذ هذه فى الاتحاد السوفييتى منطقة كورسك ـ بلجورود . ولقد اهتم بهذه المنطقة قبل ثورة اكتوبر الاشتراكية ، الاستاذ ليست ، الاستاذ بجامعة موسكو فى ذلك الوقت . لقد استطاع تعيين مناطق الشذوذ الشديدة ، ومناطق الشذوذ الضعيفة نسبيا ، ورسمها على الخريطة . ولقد قال الاستاذ ليست في ذلك الوقت ، ان هذا الشذوذ

نتيجة وجود رواسب حديدية هائلة فى باطن الارض ، بتلك المنطقة .

وفى ايام الثورة ، نقلت هذه الابحاث الى خارج الاتحاد السوفييتى ، وحاول الالمان فى السنوات الاولى للسلطة السوفييتية ، بيعها الى الحكومة السوفييتية . ولقد اهتم لينين شخصيا بهذا الموضوع ورفض شراء هذه المعلومات كما كلف الجيولوجى جوبكن القيام على رأس بعثة جيولوجية بدراسة هذه المنطقة . واستمرت هذه الابحاث مدة طويلة ، وتمت فقط بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية . وقد تم اكتشاف مناطق كثيرة توجد فيها رواسب الحديد بالقرب من سطح الارض . ويجرى العمل الآن فى منطقة بلجورود وفى كثير من المناطق الاخرى لاستخراج هذا الخام . كما تقوم هذه المناطق بمد المصانع الموجودة فى وسط الاتحاد السوفييتى بكميات كبيرة من خام الحديد (المغنيتيت) الذى يمتاز بالنسبة العالية للحديد الموجود فيه .

ومن التقديرات الاولية لاحتياطى الخام الموجود فى حدود منطقة كورسك المغنطيسية اتضح أنه يوجد بها ما يعادل نصف احتياطى العالم كله من خام الحديد .

ويلاحظ وجود مثل هذا الشذوذ المغنطيسى فى مناطق اخرى كثيرة . ففى مناطق المحيط المتجمد الشمالى مثلا يمتد الشذوذ المغنطيسى بمحاذاة سلاسل جبال لومونوسوف الموجودة تحت سطح الماء . ويوجد شذوذ مغنطيسى شديد جدا كذلك فى المناطق الجنوبية للمحيط الاطلنطى . ان مناطق الشذوذ هذه ، كثيرة جدا ، ومنتشرة فى جميع انحاء الكرة الارضية . لقد درست جميع مناطق الشذوذ هذه ، وجرى تخطيط النتائج على خرائط خاصة . وقام الجيولوجيون بحل ألغاز كثير من هذه المناطق ، وعلاوة على ذلك فان القياسات المغنطيسية هذه ، قد تأكدت صحتها بواسطة حفر آبار الاستكشاف الجيولوجية المختلفة .

ولقد اتضح ان الاشارات المغنطيسية القوية تنطلق من مناطق مختلفة توجد قريبة نسبيا من سطح الارض . كما لوحظ وجود ارتباط بين هذه المناطق وبين خواص تركيب القشرة الارضية . وقد قرر العلماء ، بعد حل ألغاز نتائج القياسات المغنطيسية وبعد ان تأكدوا من ذلك عن طريق الحفر ، ان سطح الطبقة الجرانيتية التى تلى الطبقات الرسوبية فى القشرة الارضية

فى المنطقة الاوروبية من الاتحاد السوفييتى يحتوى على عدد كبير من المرتفعات وكذلك الفجوات التى تصل الى اعماق كبيرة . لقد حصلنا على امكانية دراسة تضاريس سطح الطبقة الاساسية (الجرانيتية) فى المنطاطق الاوروبية للاتحاد السوفييتى .

وفى بعض المناطق تقترب هذه الطبقة الاساسية من سطح الارض ، كما هو الحال مثلا فى كاريليا وفى شبه جزيرة كولسكى وفى اوكراينا وعلى اطراف مدينة فورونيج . كما توجد هذه الطبقة فى بعض الاحيان على اعماق كبيرة جدا ، كما هو الحال فى سارابول ، وفى اماكن متفرقة فى جمهوريتى بشكيريا وتتاريا ذاتى الحكم الذاتى وفى منطقة بيرم ، حيث يوجد ما يسمى بمنخفض سارابول . فى هذه المناطق توجد هذه الطبقة على عمق يتراوح بين ١٠ كيلومترات و ١٢ كيلومترا من سطح الارض .

وحتى الآن لم يستطع الجيولوجيون تعليل اسباب نشأة هذا المرجل الكبير الموجود فى المنطقة الاوروبية من الاتحاد السوفييتى . ومما لا شك فيه انه سوف يأتى

الوقت الذى تصل فيه احدى بريمات الحفر العميقة الى أتون سارابول الضخم .

ان الدراسة والبحث لحل ألغاز الاشارات المغنطيسية لا تقف عند حد دراسة توزيع المجال المغنطيسى الطبيعى للكرة الارضية وتعيين مناطق الشذوذ المختلفة فيه . فكثيرا ما تصل الينا معلومات اكثر تعقيدا عن المغنطيسية الارضية ، تشير الى ان المجال المغنطيسى الطبيعى للارض غير ثابت ، بل يعانى من تغيير مستمر . وفى كل ثانية ، يتغير المجال القطبى ويصبح مجالا آخر .

انواع هذا التغيير الذى يحدث فى المجال المغنطيسى الارضى متعددة . الى جانب التغيرات الدورية القصيرة ، نلاحظ تغيرات دورية ، مدة الدورة حوالى ٢٤ ساعة وتسمى بالتغيرات اليومية ، واخرى تسمى بالتغيرات الدورية السنوية . كما توجد تغيرات اخرى اكثر تعقدا ، تسمى بالدورات القرنية ، اى دورتها تتكرر كل قرن ، حتى اننا نلاحظ ايضا دورات او تغيرات جيولوجية ، تستغرق حقبة جيولوجية كاملة .

عندما بدأت الدراسات التفصيلية للتغيرات القصيرة اى الدورات اليومية ثم التغيرات السنوية ، لوحظ وجود ارتباط دقيق بين هذه الاضطرابات والتغيرات الدورية وبين ما يحدث على سطح الشمس .

فى ٢٣ فبراير (شباط) سنة ١٩٥٦ ، وفى الساعة الثامنة صباحا بتوقيت وسط اوروبا حدث على سطح الشمس انفجار هائل بلغت قوته ما يعادل قوة انفجار مليون قنبلة هيدروجينية . بعد وقت قصير بدأت عاصفة مغنطيسية تحيط بالكرة الارضية . انقطع الارسال اللاسلكى والراديو ، وفى بعض الاماكن قطع ايضا الاتصال التليفونى . حتى ان سرعة دوران الارض حول محورها قد تأثرت بهذه العاصفة . لقد قلت سرعة دوران الارض حول محورها بمقدار $\frac{١}{١٠٠٠٠٠٠}$ من الثانية . ان هذا المقدار يعتبر كبيرا جدا بالنسبة للحركة الميكانيكية الدقيقة هذه التى تخضع لها الاجرام السماوية المختلفة .

وتؤثر الزلازل القوية ايضا وعلى الاخص الزلازل ذات البؤر العميقة التى تنشأ فى مناطق طبقة جوليتسين على عمق

حوالى ٨٠٠ كيلومتر من سطح الارض ، على المجال المغنطيسى للارض .

كما توجد ظواهر اخرى ، تسجلها اجهزة الرصد المغنطيسية . فمن دارسة النتائج المستمرة لحدوث التغير فى المجال المغنطيسى للارض ، وجد انه يوجد تغيير دورى طويل المدى ، تبلغ مدة دورته قرنا من الزمان . ان التسجيلات والابحاث التى تدون يوميا على ورق خاص ، تسمح بتتبع خط سير هذا التغيير الدورى القرنى فى المجال المغنطيسى الطبيعى للارض .

هل يمكن تعيين خط الزوال المغنطيسى القديم الذى يعكس لنا طبيعة المجال المغنطيسى الطبيعى فى الاحقاب الجيولوجية القديمة ؟ يبدو ان ذلك بالامكان . اذ توجد طريقة لدراسة ما يعرف باسم المغنطيسية المتبقية (residual) التى تميز بين العصور الجيولوجية القديمة المختلفة . فمثلا يمكن اعتبار اى جزئ موجود فى وسط ما ، بحيث يسمح لهذا الجزئ بحرية الحركة ، مغنطيسا صغيرا مستقلا ، يأخذ وضعا يوازى خط الزوال المغنطيسى فى ذلك العصر . وعندما

يتجمد هذا الوسط ويتحجر ، يبقى فيه الاتجاه الذى اتخذه هذا الجزئ الذى يمثل خط الزوال القديم ، اى خط الزوال المتحجر .

لقد ذكرنا سابقا بأن « نقطة كورى » فى المواد المصهورة تبلغ ٧٦٠ درجة مئوية . تصوروا الآن سيلا من الحمم البركانية متوسطة السيولة يتدفق من فوهة بركان . فحتى ذلك الوقت الذى لا تنخفض فيه درجة حرارة هذه الحمم البركانية ، الى ٧٦٠ درجة مئوية فانها لن تكتسب اية مغنطيسية من المجال المغنطيسى للارض . لكن يكفى ان تنخفض درجة حرارتها الى ما تحت « نقطة كورى » حتى تتواجد فيها اجسام ممغنطة تأخذ فى الحال اتجاه الزوال المغنطيسى . بعد ذلك تبدأ الحمم البركانية تبرد وتتصلب ويتحجر معها وضع هذه الاجسام الممغنطة فيها . وهكذا ، ففى الحمم البركانية ايضا توجد آثار خطوط الزوال المغنطيسية التى تحجرت فى العصور الجيولوجية القديمة .

وهذا ايضا ما يحدث فى الطمى البحرى اللين ، حيث تأخذ بعض الجسيمات الداخلة فى تركيبه اتجاه المجال المغنطيسى فى ذلك الوقت . ثم يكفى ان يتحجر

ذلك الطمى حتى نحصل على أثر لخط الزوال المغنطيسى الذى كان موجودا وقت تكونه .

ولقد تعلم الجيولوجيون رسم خطوط الكنتور (contour line) للمجال المغنطيسى الارضى القديم . وعندما جرى تعميم النتائج التى حصلنا عليها من جميع القارات ، اتضح ان قطبى المغنطيسية الارضية قد احتلا اماكن مختلفة باختلاف العصور الجيولوجية المختلفة .

وهاكم خط سير الرحلة التى قام بها القطب الشمالى على مر الاحقاب الجيولوجية المختلفة . فمنذ الف وخمسمئة مليون سنة كان يحتل القطب الشمالى بحيرات كندا ثم أخذ ينتقل فى اتجاه يوازى خطوط العرض الى الغرب. وبعد مرور الف مليون سنة كان يحتل وسط المحيط الهادئ ، فى منطقة جزر هاواى . لقد استغرقت رحلته التى قطعها من جزر هاواى حتى الشواطئ الحالية للشرق الاقصى حوالى ٢٠٠ مليون سنة . وبعد ذلك اخذ يتجه بشكل مفاجئ الى الشمال ، على طول الشاطئ الشمالى لقارة اسيا ومنذ ١٠٠ مليون سنة كان يحتل منطقة مضيق بيرينج ، ثم استمر فى رحلته حتى استقر اخيرا فى المكان الذى يحتله الآن .

عند دراسة رحلة القطب الشمالى هذه ، ظهرت بعض التفاصيل المثيرة ، لم تكن تتلاقى خطوط الزوال المغنطيسى القديمة للقارات المختلفة فى نقطة واحدة . من هذا يمكن ان نستنتج انه فى الحقب الجيولوجى الواحد كانت توجد عدة اقطاب مغنطيسية ولكن هذا الاستنتاج بدون شك من المستحيل .

وتولدت فى رأس احد العلماء فكرة ذكية . لقد قرر وضع القارات بالشكل الذى اقترحه فى وقت من الاوقات فيجينر . وحدثت المعجزة. فاذا قبلنا رأى فيجينر ، فان جميع القارات توحد فى قارة واحدة ، وان خطوط الزوال المغنطيسى لكل عصر من العصور الجيولوجية المختلفة سوف تتلاقى فى نقطة واحدة . وعندما يقوم علماء المغنطيسية الارضية القديمة الآن بدراسة مواقع خطوط الزوال القديمة ، فانهم يدخلون التصحيح على القراءات التى يحصلون عليها . ويسمى هذا التصحيح بتصحيح فيجينر . وهكذا وعلى غير انتظار ، انبعث من جديد فرض فيجينر القديم ، يؤيده ويدعمه الجيوفيزيائيون والمغنطيسيون ومن جديد بدأ النقاش الحاد .

وهلل المجماتيون فترة من الزمن . لقد بدا لهم ،

انهم قد حصلوا على دليل لا يقبل الشك ، فى ان تحت القشرة الارضية توجد المواد الصخرية المصهورة التى تطفو عليها القارات وتسبح . لكن معارضى النظرية المجماتية هذه ، اعترضوا قائلين : لقد تغيرت فقط ، مواقع الاقطاب المغنطيسية. اما القارات فقد بقيت كما هى بدون اية حركة ، وان عدم التقاء خطوط الزوال فى عصر من العصور فى نقطة واحدة يرجع فقط الى التغير الذى يحدث فى المجال المغنطيسى الارضى على مرّ العصور الجيولوجية المختلفة .

وهكذا يظل هذا الامر لغزا بدون حل ، وقد يوجد له حل فى المستقبل ؟ والمعلومات الكثيرة والنتائج الغزيرة عن المغنطيسية الارضية فى الانتظار ، حتى يمكن حل ألغازها .

وفى السنوات الاخيرة امكن الحصول على معلومات جديدة فى الاتحاد السوفييتى ثم بعد ذلك فى الولايات المتحدة الامريكية بعد اطلاق الكواكب الاصطناعية ، عندما انطلقت الى الفضاء من سطح كوكبنا سفن الفضاء المختلفة ، وعندما بدأنا باجراء مقارنة بين المجال المغنطيسى للكرة الارضية والقمر والزهرة والمريخ . وقد

اصبح الآن واضحا غاية الوضوح بأن كوكبنا الارضى يملك اقوى مجال مغنطيسى يمتد تأثيره الى عشرات الاف الكيلومترات بعيدا عن سطحه .

واكد العلماء وجود ما يسمى بالغلاف المغنطيسى للكرة الارضية ، وهو عبارة عن خطوط قوى مغنطيسية معقدة للغاية تغلف الكرة الارضية من كل جانب .

ويبدو أن القمر لا يملك أى مجال مغنطيسى ، أو على أقل تقدير لا يملك ذلك المجال المغنطيسى الذى تستطيع أن تسجله الاجهزة التى ارسلت على متن سفن الفضاء المختلفة . كذلك فان سفينة الفضاء الامريكية « مارينر ــ ٢ » ، التى انطلقت عام ١٩٦٢ باتجاه كوكب الزهرة لم تكتشف أى مجال مغنطيسى لهذا الكوكب . لقد كان هذا الاكتشاف هام جدا . وكان العلماء يستطيعون فى الماضى أن يقولوا أن القمر لا يملك مجالا مغنطيسيا لان كتلته صغيرة جدا ، بحيث لا تستطيع أن تخلق الظروف الملائمة لتكوين مجال مغنطيسى . اما فيما يتعلق بكتلة كوكب الزهرة فانها تكاد تساوى كتلة الارض . فلماذا اذن يوجد مجال مغنطيسى لكوكبنا ولا يوجد لكوكب الزهرة ؟

هذا يعنى أن الامر لا يتوقف على الكتلة !

وهكذا فقد وضعت المعلومات التى حصلنا عليها بواسطة سفن الفضاء أمامنا مرة اخرى ، معضلة جديدة ، لسنا فى وضع يمكننا من حلّها .

وقد اسفرت الدراسات التفصيلية التى اجريت على الغلاف المغنطيسى للارض عن الكشف عن انحرافات فيه مرتبطة بوجود مناطق شذوذ مغنطيسى عظيم على الارض . ومن هذه المناطق المغنطيسية تمتد الى مناطق الشذوذ العظيم ، خطوط يمكن رسمها على شكل لسان .

ويوجد أحد اكبر هذه الألسنة فى المناطق الجنوبية من المحيط الاطلنطى . انه يصل حتى منطقة الشذوذ المغنطيسى العظيمة الموجودة فى ذلك المكان . ما الذى يولد هذه الالسنة ، وكيف يمكن تفسير نشوئها ، ان المعلومات التى حصلنا عليها منذ وقت قريب ، تنتظر ايضا توضيحها أو تفسيرها .

تقودنا هذه المعلومات المغنطيسية بالتدريج الى تصور اسباب نشأة المجال المغنطيسى الارضى . نحن نعلم انه يوجد عدد من مصادر القوى التى تتحكم فى المجال المغنطيسى الارضى . فى الواقع ان اول مصدر

من مصادر القوة هذه واقواها جميعا ، يوجد فى باطن الارض . وسوف نورد على الصفحات التالية شيئا عن طبيعة هذا المصدر .

وثمة مصدر آخر من مصادر المجال المغنطيسى الذى يتحكم فى توزيع مناطق الشذوذ المغنطيسية ، يوجد فى القشرة الارضية ، أو فى الجزء العلوى من طبقة الستار الارضى . يرتبط هذا المصدر بتجمعات الصخور التى لها خواص مغنطيسية مختلفة سواء كانت ضعيفة أو قوية جدا . ان وجود هذه الكتل الصخرية يسبب شذوذا فى المجال المغنطيسى الطبيعى للكرة الارضية . علاوة على ذلك توجد مصادر اخرى للمجال المغنطيسى تقع خارج الكرة الارضية ، فى الغلاف الارضى . واخيرا مصادر تقع على بعد ١٥٠ مليون كيلومتر عن سطح الارض — فى الشمس .

وهكذا فان المجال المغنطيسى للارض لا ينشأ فقط نتيجة وجود قلب حديدى داخل الكرة الارضية ، بل نتيجة تأثير مجموعة كبيرة من الظواهر المعقدة جدا التى تنشأ من الكرة الارضية ومن الفضاء .

التيارات الشاردة

في الثلاثينيات كانت تعمل في الشمال احدى البعثات الجيوفيزيائية تحت اشراف المهندس ميرونوف . لقد كان على هذه البعثة أن تقرر عما اذا كانت توجد تيارات كهربائية شاردة ، في مياه بحر بارينتس . لقد كانت البعثة مزودة بالمعدات الدقيقة جدا ، اجهزة تستطيع تسجيل تيارات حتى اجزاء من الف من الامبير وكذلك اجزاء من الالف من الفولط . لكن عندما انزلت الاقطاب الكهربائية الى الماء ، توقفت جميع الاجهزة فجأة عن العمل ، كما لو كانت جميعها قد تلفت .

عادت البعثة من اجل الحصول على اجهزة اخرى . وعند اجراء التجربة من جديد ، امكن القول بأنه احيانا ما تبلغ شدة هذه التيارات الشاردة عدة امبيرات وجهد التيار قد يصل الى عشرات ، او حتى مئات الفولطات .

وبالتدريج تجمعت المعلومات عن التيارات الشاردة ، التي تخترق ، علاوة على الماء ، الكرة الارضية . وقد ظهر ارتباط شديد واضح بين حياة الشمس والتيارات الشاردة في الكرة الارضية . وفي

الواقع ، فى طريق حركة هذه التيارات الشادرة ، تؤثر عليها عوامل اخرى مرتبطة بتوزيع الصخور فى القشرة الارضية ، التى قد تكون موصلة جيدة للتيار الكهربائى . او على العكس ، موصلة رديئة له . ان المقاومة النوعية الكهربائية تقل بشكل فجائى فى الطبقات الجافة ، وتزيد فى الطبقات المشبعة بالمياه الجوفية ، وبالذات اذا كانت هذه المياه تحتوى على مركبات كيميائية .

وعلى اساس هذه الملاحظات ، نشأ الاهتمام بهذا الفرع من الجيوفيزياء — وهو طرق الابحاث الكهربائية ، التى يمكن بواسطتها تعيين ظروف ترسب الرواسب المعدنية المختلفة ، وايضا يمكن تعيين وضع اية طبقة من الطبقات الصخرية الموجودة تحت سطح الارض . ومن الطبيعى أن طرق البحث الكهربائية لا تعتمد فقط على وجود التيارات الشاردة الطبيعية ويمكن باجهزة خاصة ، ارسال تيار ، قد يكون مترددا او تيارا مستمرا ، الى طبقات الارض المختلفة . ومن ملاحظة سلوك هذا التيار فى الصخور المختلفة يمكن الحصول على المعلومات المختلفة عن توزيع الصخور فى طبقة القشرة الارضية .

لكن مما يؤسف له ، انه حتى الآن لم يمكن الحصول على الدقة الكافية فى قراءة الاجهزة التى تستخدم لهذه الابحاث ، حتى انه على اعماق معينة تكون قراءة الاجهزة غير مرضية على الاطلاق . ويعمل العلماء الآن من اجل تحسين دقة وكفاءة نتائج الابحاث الكهربائية ، وذلك بزيادة العمق الذى يمكن منه دراسة انتشار التيارات الكهربائية المختلفة التى تخترق الكرة الارضية . نحن لا نعلم حتى الآن كيف تنتشر التيارات الشاردة فى المناطق الواقعة تحت طبقة القشرة الارضية . لكن كيف تسرى هذه التيارات فى طبقة الستار الارضى او فى نواة الكرة الارضية ؟ وهنا ايضا لمحاولة تفسير هذه العملية ، نجد انفسنا مرة اخرى امام نظريتين متعارضتين .

فلو اخذنا فى الاعتبار نظرية فرنادسكى — شميدت ، وافترضنا انه فى اعماق كبيرة توجد درجة حرارة سالبة تقترب من الصفر المطلق ، فانه علينا أن نأخذ فى الاعتبار ظاهرة فوق التوصيلية (superconductivity) التى كما هو معلوم تنشأ فى الصخور عند هذه الحالة من درجة الحرارة المنخفضة . ان التيارات التى

تمر بهذه الصخور سوف تدور فيها فى اتجاه واحد بدون نهاية ، مكونة بذلك ملفا كهربائيا كبيرا للغاية .

اثناء دوران الارض السريع حول محورها فى المجال المغنطيسى للشمس ، يتولد تيار ذو قوة هائلة . وقد يكون هذا التيار ، هو الذى يولد المجال المغنطيسى للكرة الارضية . فكما نرى لا يوجد مجال مغنطيسى عند جيراننا من كواكب المجموعة الشمسية . حقيقة ان القمر والزهرة ايضا يدوران حول محوريهما لكن ببطء شديد . ان هذا ما يدفعنا الى رفض فكرة وجود قلب حديدى فى باطن الكرة الارضية . ان الملف الكهربائى كفيل بأن يفسر لنا عدم مركزية النواة المغنطيسية للكرة الارضية ، التى تؤكد وجودها الاشارات المغنطيسية المنطلقة من اعماق كوكبنا . فاذا كان هذا المولد الكهربائى يوجد حقيقة تحت سطح الكرة الارضية ، فانه لا بد وان يغيرْ من قيمة التيار المتولد ، نتيجة لتأثير هذا العامل او ذاك عليه ، حتى يحدث هذا التغيير ، الذى اشرنا اليه سابقا ، فى المجال المغنطيسى الطبيعى للكرة الارضية .

وقد لا يكون انحراف او ميل الابرة المغنطيسية فقط ، هو الظاهرة التى ترتبط بهذا المولد الكهربائى

الارضى ، لكنها ترتبط بوجود ظاهرة ميل الابرة المغنطيسية وسلسلة كاملة من الظواهر المختلفة . واذا افترضنا أنه يوجد تحت القشرة الارضية اكثر من ملف كهربائي واحد (وهذا محتمل جدا لان مناطق درجات الحرارة المنخفضة قد توجد معزولة عن بعضها) ، فان بعض مناطق الشذوذ المغنطيسى الشديد الموجودة فى الكرة الارضية قد تنشأ نتيجة لوجود التيارات الكهربائية الدائرية فى تلك المناطق ، ولا يكون منشؤها نتيجة لوجود رواسب حديدية . والا كان من الصعب جدا فهم اسباب انتقال مراكز هذا الشذوذ من قرن الى قرن ومن مكان لآخر .

ومن الواضح أن هذا الرأى هو مجرد افتراض ، كما وان الفرض الخاص بوجود قلب حديدى كبير فى باطن الارض ، هو ايضا مجرد افتراض مبنى على النظرية المجماتية التى تؤكد أن درجة الحرارة السائدة فى مناطق اعماق الكرة الارضية تبلغ آلاف الدرجات المئوية .

ان الفرض بوجود مولد كهربائي فى باطن الارض يبدو متفقا تمام الاتفاق مع فكرة وجود نواة الكرة الارضية فى حالة مائعة ، كما وان هذا الفرض تؤكده

ايضا الحالة التى عليها الصخور – فوق السيولة – عند درجات الحرارة المنخفضة جدا . الا يجدر بنا أن نطلب هنا الاجابة على هذا السؤال : ما الذى يوجد فى اعماق كوكبنا ؟ الا يجب أن نبحث هنا عن مصدر جديد من مصادر الطاقة ؟ لو تمكنا من استخدام التيارات الكهربائية الارضية ، فاننا بذلك نقدم للانسانية امكانية غير محدودة على الاطلاق لكى تسود على الطبيعة وتسيطر عليها .

انتبهوا – اشارات اشعاعية

فى الثلاثينيات حلقت طائرة فوق بحيرة الدب الاكبر فى كندا . وكانت هذه الرحلة ضمن عملية مسح جوى لهذه المنطقة . وعندما قام الباحثون بتحميض الفيلم الذى صوروه اكتشفوا ان فى بعض اجزاء المنطقة التى تعرف الآن باسم الدورادو لابين-بوينت كانت تنمو شجيرات على شكل خيوط حلزونية تنتمى الى عائلة نبات اللوبيا .

فى ذلك الوقت لم يهتم احد كثيرا بهذا الكشف ، لكن بعد ذلك وجد الجيولوجيون أن هذه المناطق التى

ينمو فيها هذا النبات الحلزونى الشكل تشكل فى معظم الحالات ، مناطق رسوب خام اليورانيوم :

وفى الماضى لم تكن رواسب اليورانيوم تشكل أية اهمية صناعية. فقدكانت تدرس جميع خامات اليورانيوم الموجودة فى الطبيعة فقط ، من حيث التركيب المعدنى لها . وعندما اصبح اليورانيوم من اهم العناصر لانتاج الاسلحة النووية وتوليد الطاقة ، انتابت العالم حمّى البحث عن رواسب اليورانيوم فى جميع انحائه :

عندئذ فقط تذكروا الصور الجوية القديمة واصبح من المعروف أن هذا النبات هو الاشارة التى تفيد بانه فى مكان ما من اعماق الارض ، تتركز رواسب اليورانيوم او الراديوم . وقد اكتشفت ايضا مجموعة كاملة من النباتات المختلفة التى تعتبر دليل وجود اليورانيوم والراديوم . اذ انه نتيجة للاشعاعات القوية لهذه العناصر المشعة ، فان النباتات التى تنمو فوق هذه الرواسب التى تحتوى على خامات العناصر المشعة ، تتأثر بهذه الاشعاعات وتنمو مشوهة ، غير الشكل الطبيعى لها . وينتج عن ذلك ، نمو سلسلة كاملة من السلالات

المشوهة المختلفة . وقد يظهر هذا التشويه على شكل تغير فى الوان الزهور وسيقان واوراق كثير من النباتات . وبعض هذه النباتات يأخذ شكل خيوط دقيقة حلزونية ، وهذا التشويه ايضا يساعد الجيولوجيين فى اكتشاف رواسب معدنية غنية .

وهناك كثير من النباتات التى تنمو فقط فى المناطق التى لا توجد فيها خامات اليورانيوم . وهذا ايضا مهم للغاية . ان هذه المناطق تلغى وتشطب من على الخرائط ولا يجرى فيها أى عمل من اعمال البحث .

لكن ليست النباتات فقط هى الدليل الذى يرشدنا الى مناطق وجود الخامات المشعة . ففى كثير من الحالات تستطيع الصخور نفسها ، لو درست دراسة دقيقة ، أن ترشدنا الى مناطق تركز اليورانيوم والخامات المشعة الاخرى . ويمكن القول بانه يمكن ملاحظة وجود شئ من الحب أو الميل بين العناصر المشعة المختلفة وبين بعض العناصر الاخرى . وفى نفس الوقت لا يستطيع الراديوم او اليورانيوم أن يتحمل وجود بعض العناصر الاخرى ، وبالتالى المعادن التى تدخل هذه العناصر فى تركيبها .

منذ سنوات عُثِر فى ولاية كولورادو بمنطقة مناجم سان ميجويل – زيفر فى الولايات المتحدة الامريكية على اشجار متحجرة . وقد بلغ طول جذع احدى هذه الاشجار حوالى ثلاثين مترا وبلغ سمكه اكثر من متر واحد . وبلغ طول جذع شجرة اخرى ، حوالى عشرين مترا وسمكه اقل من متر بقليل . وقد جرى استخراج اكثر من مئة طن من خام اليورانيوم من جذوع هذه الاشجار . ومن هذه الخامات ، حصلوا على حوالى ستة اطنان من اوكسيد اليورانيوم وعلى حوالى جرامين من الراديوم وعلى كمية من العناصر الاخرى .

هذا الارتباط بين الراديوم واليورانيوم والنباتات المتحجرة لوحظ فى جميع مناطق الكرة الارضية . ان اليورانيوم والراديوم « يعشقان » جميع فضلات الحياة العضوية . دائما ما يوجد هذان العنصران المشعان ، ليس فقط فى جذوع الاشجار المتحجرة ، او فى اوراق وسيقان النباتات المتحجرة ، بل حيث توجد مركبات الفوسفور المختلفة ، نتيجة تجمع وترسب الفضلات الحيوانية المختلفة . فمن المعروف أن من تجمع اليورانيوم والراديوم فى الفوسفوريت ، نحصل على

ذلك المعدن « المسالم » ، الذى يستخرج منه السوبر فوسفات ويستخدم فى الزراعة كمخصب .

ان اليورانيوم والراديوم لا يقفان موقف المتفرج من الصخور الحمضية والصخور المتوسطة المختلفة ، وخصوصا من تلك الصخور التى بردت وتصلبت فى مستودعات الماجما . فكثيرا ما نجد مركبات الخامات المشعة المختلفة بين خامات الحديد والتيتانيوم والعناصر الفطرية (العناصر النقية) ، المتكونة فى الصخور المتوسطة أو الصخور الحمضية .

ومن معرفة هذا الميل من جانب اليورانيوم والراديوم لعناصر معينة ومعادن تلك العناصر ، يستطيع الجيولوجيون الباحثون أن يقوموا بعملية البحث عن المعادن المشعة فى تلك المناطق التى توجد فيها هذه العناصر او المعادن الملازمة لها .

وعلى العكس فان اليورانيوم والراديوم « يكرهان » الكبريت ، فحيث يوجد الكبريت او خاماته ، من الاوفر ألا نبحث عن اليورانيوم او الراديوم . إن هذه المناطق محرمة عليهما ، لهذا فلا نجد فى هذه المناطق ،

أى التى توجد فيها رواسب الكبريت ، أى باحث عن الخامات المشعة .

وتوجد ايضا اشارات اخرى للعناصر المشعة . ان كثيرا من المعادن يكتسب الوانا واشكالا خاصة تحت تأثير الاشعاعات . فعادة نجد الفلسبار ذا اللون الرمادى ، الرمادى الفاتح ، الابيض ، او الاصفر ، فى الصخور المختلفة (حتى انه يطلق عليه ، اسم المعدن المكون للصخور) اما فى مناطق وجود رواسب اليورانيوم او الراديوم فان الفلسبار يكتسب اللون الاحمر . انه كما لو كان ينادى الباحثين « قف ! اننى ارسل اشارات مشعة – لونى احمر انتبه ، هنا يورانيوم ، هنا راديوم » . والباحث الغر هو الذى يمر بجوار هذا اللون الاحمر ، دون أن يفطن الى وجود خامات مشعة .

يمكن تعداد كثير من المعادن والصخور الاخرى التى تدلنا على وجود اليورانيوم او الراديوم فى الصخور المختلفة . الكربونات المختلفة ، الحجر الجيرى والدلوميت ايضا التى تكتسب اللون الوردى او حتى الاحمر والاحمر الزاهى ، حيث توجد فى الارض رواسب خامات اليورانيوم او الراديوم .

وقد اتضح أن العناصر المشعة « تولع » بالصخور القديمة ، التى يبلغ عمرها مئات الملايين او حتى الاف الملايين من السنين . ففى كثير من المناجم الافريقية ، وبالذات فى حدود الكونغو ، وكذلك فى كندا وفى الولايات المتحدة الامريكية وفى كثير من المناطق الاخرى ، قام العلماء ببحث وفحص تفصيلى للمناطق التى توجد فيها صخور قديمة جدا ، كان من نتيجتهما أن وجدوا فى جميع المناطق ، رواسب خامات اليورانيوم والراديوم .

وهذه المعادن ، كالكوارتز ، تكتسب خاصية اللون البنفسجى الفاتح او اللون الرمادى بالرغم من انها فى الظروف الاخرى ، تكون عديمة اللون او سوداء داكنة او سوداء او بيضاء .

وثمة معدن الفلورايت (fluorite) ، الذى يتركب من فلوريد الكالسيوم ، ويمتلك خاصية تعدد الالوان . قد يوجد على هيئة بلورات صفراء او بنفسجية فاتحة اللون . لكن الفلورايت اذا وجد مع بعض العناصر المشعة فان لونه يصبح بنفسجيا او اسود او اسود داكنا . انه بدوره يرسل اشاراته « قف ، انظر ، ابحث » .

والباحث المنتبه دائما ما يجد فى ذلك المكان رواسب خامات اليورانيوم .

ان الطبقات السطحية لخامات اليورانيوم كثيرا ما تمتاز بألوان مختلفة الدرجة — الاصفر الفاقع او البرتقالى، وتتدرج من اللون الداكن حتى الفاتح جدا .

ان هذا التغير فى اللون الذى يحدث نتيجة لقذف المعادن المصحوبة بالاشعة المنبعثة من المواد المشعة ، يستخدم الآن فى الاغراض الصناعية .

منذ زمن بعيد جدا ، فى القرن الماضى او منذ قرنين ، استطاع سكان الاورال ان يغيروا لون الصخور ، لكنهم استخدموا لهذا الغرض ، طرقا بدائية جدا . فمثلا ، اخذوا حجر البلور الاسود ومزجوه بعجينة وضعت فى فرن وعندما « نضج الخبز » حصلوا منه على الحجر المتولد والمتجدد ، الذى اصبح لونه ذهبيا . ولقد اعجب الصياغ بجمال هذا الحجر .

اما الآن فان عملية تغيير الالوان ، يمكن اجراؤها بسهولة فى المفاعلات الذرية ، ونتيجة لذلك يكتسب المعدن لونا ثابتا . وكثيرا ما يستخدم الصياغ هذه الطريقة لتغيير لون الماس ويجعلونه يكتسب اللون

الاخضر او الذهبى الفاقع او البنى . ان هذا الماس ثمين جدا .

ومن الخطأ ان نظن أن الجيولوجيين يقومون بدراسة هذه الاشارات المشعة فقط المنبعثة من باطن الارض . ان اجهزة البحث الحديثة ، تسمح بتسجيل أى تأين يحدث فى الهواء نتيجة انتشار اشعة الفا او بيتا او جاما فى الفراغ المحيط . ويصبح الهواء موصلا للكهرباء . والالكتروسكوب العادى الذى تحول فى الوقت الحاضر الى الكترومتر — عدادات الاشعاعات — يستطيع أن يعين المناطق التى يتأين فيها الهواء . ان هذه العدادات الذرية ، لها اشكال مختلفة ، انها تتكون على اسس مختلفة . فبعضها يمكن فقط أن يسجل اشعة الفا او بيتا او جاما ، وبعضها يتأثر باشعة النيترونات فقط ، وهكذا . ان هذه العدادات يمكن استعمالها للابحاث التى تجرى على الارض ، كذلك يمكن وضعها فى سيارات . والراديومترات التى توضع فى الطائرات يمكنها أن تقوم بقياسات جوية راديومترية . وبواسطة الطرق الراديومترية الجوية ، يمكن اكتشاف مناطق التأين الشديد فى الجو بسرعة . ان هذه المناطق تدل على وجود رواسب

الخامات المشعة . وفى هذه المناطق ، تجرى بعد ذلك الابحاث التفصيلية ، اولا بواسطة عدادات مختلفة وبعد ذلك تستخدم طرق اخرى للبحث .

قد يحدث أن يصادف انخفاض مفاجئ فى الاشعاعات . وظلت اسباب هذه الظاهرة غير واضحة وغير مفهومة مدة طويلة . لكن العلماء تمكنوا بعد ذلك من أن يقرروا بان مناطق الاشعاعات المنخفضة تنشأ فوق مناطق الحقول البترولية . وفى الجانب النظرى من هذه العملية توجد كثير من الفروض . لكن هذه الظاهرة يستخدمها الجيولوجيون وخبراء البترول للبحث عن اماكن تجمع البترول .

ويعتبر العلماء أن العناصر المشعة بالذات فى كثير من الحالات ، هى التى تمدنا بالحرارة التى تنطلق من باطن الارض . ان جراما واحدا من الراديوم يعطى عند اشعاعه طاقة حرارية قدرها ٢٠٠ سعر حرارى فى الساعة . وهذا رقم هائل ، خصوصا لو اخذنا فى الاعتبار أن عملية الاشعاعات هذه ، تحدث فى الكرة الارضية باكملها . اما العناصر المشعة الاخرى (اليورانيوم والثوريوم) فانها تعطى قدرا من الطاقة الحرارية اقل قليلا

من تلك التي يولدها الراديوم ، ولكنها في مجموعها تولد طاقة حرارية كبيرة .

لقد تمكن علماء البراكين اليابانيون أن يقرروا انه في وقت ثورات البراكين ، تحتوى الغازات المنبعثة ، على كثير من منتجات المواد المشعة المتحللة . ولا يمكن ان نستبعد احتمال نشوء بعض مستودعات الماجما نتيجة للطاقة الحرارية المكتسبة من مناطق وجود الراديوم واليورانيوم والثوريوم بصورة مركزة . وفي الواقع هناك بعض الجيولوجيين الذين يرفضون هذا الارتباط ، ومع ذلك توجد بعض الحقائق التي يصعب اهمالها .

كيف يوجد الراديوم واليورانيوم والثوريوم في اعماق الكرة الارضية ؟ ان بعض الباحثين يؤكدون أن نسبة وجود العناصر المشعة في الطبقات التي تلي طبقة القشرة الارضية ، اقل منها في القشرة الارضية . والبعض الآخر يقول ان كمية العناصر المشعة الموجودة في القشرة الارضية تساوى تلك التي توجد في طبقة الستار الارضى .

ولكي نختبر من منهم على حق ، يتوجب علينا الحفر . عندما نحصل على عينات الصخور في جميع

مناطق طبقة الستار الارضي ، عندئذ فقط ، سيكون الجواب واضحا بالقدر الكافى .

من المعروف أن كثيرا من العناصر المشعة توجد فى مناطق التصدعات الكبيرة الموجودة فى القشرة الارضية . فرواسب منطقة بحيرة الدب الاكبر بكندا مثلا تكونت فى هذه التصدعات . ويقول بعض الباحثين ان ارتباط العناصر المشعة بالفلوق والتصدعات الارضية يشهد على أن طبقة الستار الارضى تحتوى على كميات كبيرة من العناصر المشعة المختلفة — يورانيوم ، راديوم ، ثوريوم — وقد تكون هذه الكمية تحت طبقة القشرة الارضية ، اكثر .

الاشارات الاشعاعية المنبعثة من اعماق الارض لا تزال غير مدروسة الدراسة الكافية . وما زلنا حتى الآن فى حالة وضع الفروض ، لكن يمكننا الآن استغلال النتائج الحاصلة عن الاشعاعات المختلفة المنبعثة من اعماق الارض ، واضافتها الى النتائج الاخرى التى تجمع كأساس فى دراسة التركيب الداخلى للكرة الارضية.

ويتحدث احد العلماء الذين يقومون باجراء الابحاث فى عالم الالغاز الغامض ، عالم الجسيمات الاولية ، والحائز

على جائزة لينين والعضو المراسل فى اكاديمية العلوم السوفييتية الاستاذ بونتكورفو ، عن الخواص الغريبة لاحد الجسيمات التى اكتشفها بنفسه والتى تحمل اسم نيوترينو (neutrino) ويقول « لو تخيلنا لوحا او قرصا من الحديد الزهر يبلغ سمكه ملايين المرات ، المسافة الفاصلة بين الارض والشمس ، فان هذا النيوترينو اثناء حركته لا يتأثر او يشعر بوجود هذا القرص . وينطلق عبره كما لو كان لا يشغل هذا المكان ، حديد زهر بل فراغ مطلق » .

ان هذا الجسيم الغامض الذى لا يستطيع حتى أن يوقفه قرص من الحديد الزهر يبلغ سمكه هذا المقدار الخيالى ، يجذب الآن انتباه علماء العالم اجمع . ومن الطبيعى جدا أن النيوترينو الذى يملك هذه الخواص يحتل مكانة خاصة فى عالم الجسيمات الاولية . وقبل اكتشاف النيوترينو كان الالكترون يعتبر اصغر جسيم من الجسيمات الاولية على الاطلاق . لكن النيوترينو على اقل تقدير اصغر من الالكترون حوالى ٥٠٠ مرة . وفى الثلاثينيات من هذا القرن كان اول من تنبأ بوجود هذا الجسيم غير العادى العالم الفيزيائى السويسرى باولى .

فقد قام بدراسة ما يسمى بالانبعاث الاشعاعى لاشعة بيتا من المواد المشعة ، عندما تنبعث من المادة الكترونات او بوزيترونات . فاثناء هذه العملية ، يفقد جزء من الطاقة الناتجة . وقد افترض باولى بان هذا الجزء من الطاقة المفقودة تلازمه عملية انطلاق جسيم ما ، غير معروف بعد فى العلم . وقد كان هذا الجسيم هو النيوترينو الذى لم يمكن حتى ذلك الوقت « صيده » ، وقد استطاع بونتيكورفو صيده على الرغم من حركته السريعة الخارقة .

وقد اكد بونتيكورفو وغيره من العلماء ، وبالذات عالما الفيزياء الامريكيان ريميس وكوان ، أكدا فى احدى تجاربهما ، صحة التقديرات النظرية التى تبين انه اثناء العملية العكسية لانبعاث اشعة بيتا وانطلاق النيوترينو ، فان البروتون يبتلع النيوترينو ويتحول الى نيوترون . ان هذه الابحاث اكدت وجود النيوترينو .

وقد اثبت بونتيكورفو انه يمكن التنبؤ بنتائج هذه العملية ، لو وضع فى مفاعل ذرى مقدار طن من الهيدروجين ، الذى تكون نواته عبارة عن بروتون ، ففى كل ساعة يتحول من هذه المادة حوال مئة

بروتون الى نيوترون ، ومع هذه العملية يجرى امتصاص النيوترينو . ومن الطبيعى انه بعد أن اصبح وجود النيوترينو حقيقة معترف بها ، اتضح أن هذا الجسيم الذى يطير بسرعة الضوء فى جميع الاتجاهات ، يخترق وينفذ خلال المواد الموجودة فى الفضاء .

ان الشمس تعتبر اعظم مصدر من مصادر النيوترينو . انها تطلق سيلا هائلا من هذه الجسيمات الاولية ، التى لو تحول بصرنا واكتسب خاصية معينة ، لاستطاع أن يرى كيف تخترق الاف الملايين من النيوترينوات راحة اليد ، كل ثانية .

فما بالكم بعدد هذه الجسيمات التى تخترق الكرة الارضية كلها .

ومن الطبيعى أن تخطر هذه الفكرة على البال : الا يمكن أن نرى العمليات التى تحدث عندما تقوم طبقات الجيوسفير المختلفة بامتصاص او فرملة هذا النيوترينو داخل الارض ، ومن المحتمل أن نستطيع بهذه الطريقة الحصول على معلومات جديدة عن تركيب باطن كوكبنا ؟ ربما نستطيع أن نستبدل علم الهزات

الارضية ، وتحليل جميع الذبذبات والهزات التى تحدث فى الكرة الارضية عند الانفجارات الطبيعية او الصناعية ، بما يسمى بالموجات السيزمولوجية النيوترينية ، لو كان من الممكن أن نطلق عليها هذا الاسم .

ان هذه الموجات السيزمولوجية النيوترينية ، كما يبدو سوف تتحقق فى المستقبل القريب . وربما نستطيع أن نعلم شيئا عن التركيب الداخلى للارض ، عن الحالة التى توجد عليها المادة المكونة لطبقة الستار الارضى ، وايضا نواة الكرة الارضية ، من دراسة سلوك النيوترينو فى الطبقات المختلفة للجيوسفير . وفى نفس الوقت ، سوف نستوعب تلك العمليات الجيولوجية التى تحدث فى المناطق العميقة من كوكبنا الارضى .

النتائج الاولى

ما الذى تحمله لنا المعلومات المختلفة عن الارض ؟ كيف يمكننا اليوم أن نتخيل الحالة التى يوجد عليها باطن كوكبنا الارضى ؟

في محلات الهدايا ثمة هدية من احب الهدايا الروسية واكثرها شعبية . انها عروسة من الخشب « ماتريوشكا » . تأخذها في يدك ، تفتحها ، تجد بداخلها عروسة اخرى ، اصغر منها قليلا . تأخذها وتعجب بها ، تفتحها تجد في داخلها عروسة ثالثة ، ورابعة ، وخامسة وسادسة وهكذا . في قلب هذه اللعبة توجد عروسة صغيرة جدا من الصعب ملاحظتها .

ويمكن مقارنة كوكبنا الارضى الى حد ما بهذه اللعبة الروسية المسلية . لو كان من الممكن ازالة القشرة الارضية ، لرأينا طبقة الستار الارضى . وقد تكون طبقة الستار الارضى ما هى الا تكرارا لخواص وشكل القشرة الارضية . وهكذا فلو نزعنا أية طبقة من طبقات الستار الارضى ، ربما وجدنا أن الطبقات التى تغطيها هى نسخة طبق الاصل مشابهة لها ، وقد توجد طبقة جوتنبيرج او طبقة جوليتسين . وبعد نزع طبقة الستار الارضى لاستطعنا أن نرى نواة الكرة الارضية . وهذه ايضا يجب أن تكون نسخة طبق الاصل من الطبقات التى تغطيها . فى داخل النواة توجد النوية ، اغلى واثمن جزء فى كوكب الارض :

لكن الارض ليست كالمتريوشكا (العروسة) ، ولا يمكن فتحها بسهولة ، لهذا فان معلوماتنا عن جيوسفير باطن الارض ما تزال محدودة وقليلة وذلك بفضل المعلومات المختلفة فقط التى تتكرم الكرة الارضية نفسها وترسلها لنا .

افكار كثيرة تتولد من نتائج الجاذبية ، عندما نقوم بعملية وزن مناطق القشرة الارضية ومناطق باطن الارض . وقد قدمت لنا المعلومات المغنطيسية ايضا سلسلة كاملة من الحقائق عن التركيب الداخلى لباطن الارض . لكننا حتى الآن ، لا نعرف كيف يمكن أن نربط بين النتائج المغنطيسية ونتائج الدراسات عن الجاذبية ونتائج الدراسات السيزمولوجية . هذا بالاضافة الى وجود بعض المعطيات الاضافية ، عن توزيع الضغط فى الطبقات المختلفة من الجيوسفير وايضا تلك التى حصلنا عليها من دراسة التيارات الكهربائية الشاردة .

نعم ، حتى الآن لم نحصل على كثير من المعلومات . لم نتعلم بعد ، كيف نعمم هذه الشواهد ، وكيف نحل الغاز الاشارات المشعة . ان كل ما نفعله فقط ، هو محاولة للتنبؤ بما يمكن أن تمدنا به المعلومات التى سوف يمكننا الحصول عليها بمساعدة بعض

الجسيمات الاولية التى تشبه النيوترينو ، والتى لم نستطع تسجيلها حتى الآن . قد توجد فى مكان ما ، غير منتظر ، ونسعى اليها للاجابة على الاسئلة التى تتعلق بالتركيب الداخلى للارض ، وبتلك العمليات التى تمتد وتحدث فى اعماق كوكبنا . وحتى الآن نمر بالقرب من هذه الشواهد التى تحمل الاجابة المطلوبة ولا نلاحظها . ألم يمض وقت طويل ، لم نلاحظ فيه الظواهر المغنطيسية وخواص المواد المشعة ، ولم نعرف كيف نحل هذه الالغاز ؟

لكن توجد الآن اشياء كثيرة واضحة ومفهومة . لقد اصبح من المعروف أن الفرض القائل بوجود طبقة سائلة من الصخور المصهورة تحت القشرة الارضية هو فرض غير علمى بالمرة . ان هذه الاعتقادات التى كانت منتشرة عند بداية تطور علم الجيولوجيا ، اصبحت الآن غير مقبولة لدى جميع العلماء ، على الرغم من انها قد تكون معروفة ومقبولة لدى غير الاخصائيين .

ونعلم جيدا أن المادة المكونة لطبقة الستار الارضى ، والطبقات التى تحتها ، توجد فى حالة عادية ، غير معروفة لنا على سطح الارض . ان هذه الحالة ترتبط

بقوة الضغط الشديدة الموجودة فى اعماق كوكبنا . ففى باطن الارض ، كما تقول الحسابات والتقديرات المختلفة ، ونتيجة انتزاع الكترونات المدارات الخارجية للذرات ، تكتسب هذه المادة خواص المعادن .

لكن كل هذه الفروض لم تتأكد بعد بأية نتائج او معطيات معينة . ان هذا الاستنتاج يفرض نفسه علينا . علينا ان نحفر ، علينا اختراق طبقة الستار الارضى . عندئذ سوف تنهار الافتراضات القديمة ، وسوف يزيد رصيد الانسانية من المعلومات والمعطيات الجديدة .

من الفضاء الى اعماق الارض

« التهبت السماء وانتشرت غلالة شفافة حمراء لا نهاية لها، غطت قبة السماء الزرقاء . وكانت هذه الغلالة تتموج تحت تأثير قوى غريبة غير مرئية وتضئ بلون بنفسجى فاتح . ومن مكان لآخر كان ينشأ وهج مضئ يخبو في الحال . وكما لو كانت فى لحظة واحدة تتولد وتتبعثر سحب ، كانت تحاك من الضوء فقط ، وقد اضاءتها اشعة النجوم المتلألئة . وفجأة اختفت هذه

الغلالة ، ثم انتشرت مرة اخرى فى اماكن اخرى متفرقة ، سحب ذات لون بنفسجى فاتح . وقد استمر هذا الشفق لحظة قصيرة جدا (جزء من الثانية) واختفى بعدها . وهناك اشعة طويلة تجمعت فى بعض الاماكن على شكل حزم ضوئية مضطربة ذات لون اخضر باهت . ثم اخذت هذه الحزم الضوئية بالانفصال من مكانها ومن جميع الجهات واندفعت بسرعة البرق الى الفضاء . استقرت هناك بضع لحظات مكونة تيجانا ضخمة كبيرة ، اخذت تتلألأ ويضطرب ضوؤها ثم انطفأت » .

ان هذا من اجمل واروع ما كتب فى وصف الظاهرة التى تسمى بالشفق القطبى . وقد كتب عنه باحث الشمال اوشاكوف فى كتابه « الاراضى التى لم يطأها انسان » . وهكذا يصف فرتيوف نانسين ايضا الشفق القطبى .

وفى كتاب اى مؤلف متحمس للشمال يمكن أن نجد وصفا لتلك الومضات التى تكون سترا وغلالات ذات الوان مختلفة بديعة ، على خيوط واقلام ملونة متجانسة . كما تكون ايضا اقواس قزح ثابتة غير متحركة ، لكنها تغير الوانها كل ثانية او اكثر من ذلك . ان كل من رأى

هذا الشفق القطبى ، لن ينسى على الاطلاق تلك الفوضى الهائلة للسيل الملتهب للمادة المضيئة .

يقول الفنان جامون-جامان الذى قام بدراسة توزيع الالوان الداخلة فى تكوين الشفق القطبى ، انه من المستحيل وصف تلك الاشعة العجيبة التى تضىء الظلمة الحالكة التى تحيط بفيوردات شواطىء بحر بارينتس .

« . . . اشعة متعددة الالوان — هكذا يكتب جامون-جامان — تنطلق من اعلى الفضاء كالاسهم ، وكما لو كان بينها صراع ، كانت تتسابق وتطمس بعضها الآخر ثم تعود فتظهر فى اماكن اخرى من السماء . تشتعل وتلتهب بقوة اكبر ثم تعود من جديد فتتطاير فى جميع انحاء الفضاء فى المنطقة الشمالية الشرقية من السماء ، الوان فى غاية الجمال . وعلى غير انتظار بدأ يخبو هذا البحر العظيم من الالوان المتموجة وبدأت تظهر فيه مناطق ذات لون بنفسجى داكن وازرق .

واصبحت الظلمة حالكة ، وفى ذلك الظلام الحالك ظهر ضوء الشفق القطبى على شكل حلقات ذات لون زمردى فاتح ، محتلة مساحة كبيرة فى قبة السماء ومتحولة

الى سيل عظيم من الاشعة الضوئية . وامتلأت السماء باللهب المشتعل ، الدوامات ، شرارة اللهب ، الاشعة الضوئية المرتعشة ، أعمدة نارية مختلفة ، رقصة السهام الرائعة . وتناثر الضباب ذو الالوان المختلفة الذى يذكرنا مرة ، بغول ضخم من النار ، واخرى بأجنحة من النار ، وكما تناثر ايضا الغبار المتلألئ المضئ . لقد تجمعت كل هذه الالوان وهذه المواد وكونت حريقا سماويا عظيما . نعم لقد كان حريقا سماويا لكن ناره باردة » .

هكذا تبدو تلك الاشارات التى ترسل الينا من الفضاء . لقد اكتشف ارتباط وثيق بين الاضطرابات المغنطيسية والعواصف وبين شدة الشفق القطبى . ان هذا السيل الهائل من الجسيمات السائرة فى مجال الارض المغنطيسى هى التى تكون تلك الالوان العجيبة التى وصفناها اعلاه .

ان المجال المغنطيسى للارض ، يمتد الى بعد ٧٠ الف كيلومتر من سطحها . إن هذا المجال يعتبر مصيدة لسيل الالكترونات والبروتونات والجسيمات الاخرى الموجودة فى الفضاء ، التى تنطلق بسرعة كبيرة جدا بين كواكب المجموعة الشمسية . وقد اكتشف منذ وقت

وقت قريب ان الشمس ليست المصدر الوحيد للاشعة الكونية . إن كميات هائلة من الجسيمات الكونية تصل الينا من مركز المجرّة التي توجد فيها مجموعتنا الشمسية ومن مناطق كثيرة تسمى مناطق السدم المشعة ، او السدم الساخنة . ان بعض المجرات الاخرى ايضا توجد بها اشعة كونية نشيطة . فمثلا من مجرتين في برج البجعة يصل الينا سيل من الجسيمات الكونية . وحسب رأى بعض الفلكيين ، فقد حدث تصادم بين مجرتين . وحسب رأى الاخرين ، انه تحت ابصارنا تحدث ولادة مجرة جديدة ، هذا الرأى يبدو انه اقرب الى الصواب .

ان الجسيمات الكونية الاصلية لا تصل الى سطح كوكبنا الارضى . فاثناء سقوطها في المجال المغنطيسي للارض وعند تصادمها في طبقات الجو العليا بالجسيمات الاولية او الذرات نفسها ، تتولد سلسلة متتابعة من الاشعة الكونية الثانوية التي تتكون من تلك الجسيمات الاولية كالميزونات والهيبرونات ، والجسيمات الاخرى المختلفة . وكثير من هذه الجسيمات تتخذ مسارا حلزونيا تحت تأثير المجال المغنطيسي للارض . وجزء صغير منها فقط يدخل المنطقة التالية للمجال المغنطيسي ومن جديد تتولد

هنا سلسلة اخرى من الجسيمات الاولية التى تقع مرة اخرى فى المصيدة المغنطيسية ، وقليل منها يستطيع ان يصل الى سطح الارض .

ان بعض الجسيمات الذرية التى تصل الينا من المجرات الاخرى تكتسب كمية هائلة من الطاقة ، مما يسبب توليد سيل كبير من الجسيمات الكونية الثانوية التى تشمل عدة كيلومترات مربعة .

ماذا يقصه علينا ايضا رسل الفضاء . هل نستطيع فى وقت من الاوقات ان نحل الغاز كل هذه الظواهر ، وانعكاسها الذى يسبب الشفق القطبى ؟

اظن اننا سوف نستطيع ذلك . فقد تمكن علماء الرياضة والاثار فى مدينة نوفوسيبيرسك من حل ألغاز خطابات قبائل المايا . لقد استخدمت لهذا الغرض اجهزة السيبرنيتيك المختلفة . وبمساعدة هذه الاجهزة انطلقت الرموز التى كان من المعتقد ان ما تحمله من افكار ستظل غامضة ومفقودة الى الابد . وفى وقت ما بمساعدة اجهزة السينيبرنيتيك الحديثة جدا ، سوف نحل ألغاز صوت الفضاء . اننا الآن من دراستنا للجسيمات الكونية نعلم الكثير عن حياة المادة التى تكون النجوم

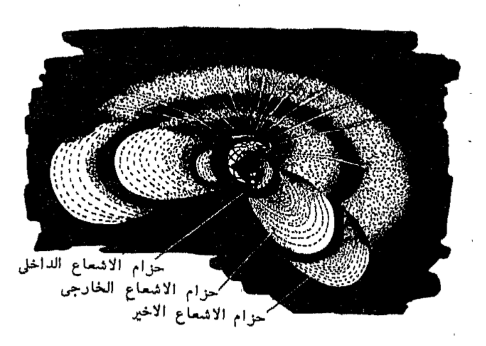
والمادة التى توجد فى الفراغ بين النجوم المختلفة . سوف يأتى الوقت الذى يكون فيه الفضاء كتابا مفتوحا لنا حيث يمكن ان نقرأ فيه كل شئ عن حياة العوالم البعيدة . ان كل ما يهمنا ان تكون محتويات هذا الكتاب غنية ومتنوعة . قد توجد على صفحاته معلومات واخبار عن المناطق المختلفة من المجرة ، قد يوجد على صفحاته صوت هؤلاء الذين يبحثون عن وسائل اتصال بين المخلوقات العاقلة التى تسكن هذا العالم ؟

اخذت هذه الافكار تلح علىّ : الم يكن يفريموف صادقا عندما حكى لنا فى رواية « سديم اندروميدا » عن الحلقة الكبرى التى تحدث فى مناطق شاسعة من المجرة ، الاتصال الاشعاعى الحضارى لكثير من الكواكب التى تسكنها مخلوقات عاقلة ؟ حتى الآن كما هو معلوم ، ان ابحاث الفلكى دريك الذى قام سنة ١٩٦٠ بدراسة اشعة النجوم ابسيلون وايريدان وتاوكيتا ، التى تقع قريبة منا على بعد حوالى ١١ سنة ضوئية ، قد باتت بالفشل . وبكل اسف ، قرر دريك ان اية محاولة لسماع صوت اية مخلوقات عاقلة تسكن الكواكب الاخرى لم تعط حتى الآن اية نتائج ايجابية .

ولكن اجريت الابحاث فقط فى منطقة غير كبيرة فى الفراغ الموجود على اطراف المجموعة الشمسية . والمخلوقات العاقلة تستطيع فقط ان توجد فى بعض المناطق البعيدة عن الشمس .

ويفترض العلماء ان اسهل طرق الاتصال هى ارسال اشارات على موجات قصيرة جدا ، يبلغ طول موجتها حوالى ٢١ سنتيمترا . ان خط الاتصال الاشعاعى المشهور الذى يتكون من الايدروجين الحر (free hydrogen) العنصر الاساسى الذى يوجد فى الفضاء يلازم ذرات الايدروجين المهيجة (excited hydrogen) . وبمساعدة التلسكوب اللاسلكى (راديو تلسكوب) يمكن باستمرار دراسة الفضاء على هذه الموجة . ولا نستبعد اننا على هذه الموجة بالذات ، نستطيع ان نسمع اصوات اخوة لنا فى العقل .

ان بعض اصوات الكون ، تمكنّا من حل ألغازها بالفعل . نحن نعلم ان موجات الراديو التى نستقبلها من المناطق الموجودة فى مركز المجرة تنشأ نتيجة للانفجارات النووية الهائلة . اننا نستطيع ان نخلق ظواهر تشبه تلك الكوارث الكونية ، ولكن على مستوى صغير لا يمكن



ان المجال المغنطيسى للارض « مصيدة » ضخمة للجسيمات ، تشكلت داخلها أحزمة الاشعاع

مقارنته . حدث أن مجموعة من العلماء كانت تقوم بدراسة المناطق الاستوائية فى منطقة مرصد آبيا فى جزر ساموا ، لاحظت وجود شفق قطبى فى وقت لم تحدث فيه اية عاصفة مغنطيسية ، كذلك لم يحدث اى اضطراب فى النشاط الشمسي . وقد اتضح بعد ذلك ان امريكا قد قامت فى ذلك الوقت بتفجير قنبلة نووية فوق جزيرة جونستون على بعد ٣٥٠٠ كيلومتر من ذلك المرصد وقد اصبح هذا التفجير ، مصدرا قويا للاشعة التى سببت هذا الشفق القطبى الصناعى .

ولوحظ ايضا شفق قطبى صناعى اقوى من ذلك عند جزر هاواي وفي نيوزيلاندا نتيجة للتفجير النووى القوى الذى اجراه الامريكيون فى الفضاء عام ١٩٦٢ . ففى اثناء التفجير ، على ارتفاعات عظيمة نشأ اشعاع ذو لون احمر وبرتقالى ووردى . اية قوة جبارة يملكها الانسان بين يديه ، وكيف تستخدمها دول العالم الرأسمالى بكل قسوة ضد الانسان . يبدو ان الطبيعة نفسها تنذرنا بخطر الاشعاعات العظيم . لقد تأكد تأثير الجسيمات الكونية الضار على الحيوانات والنباتات . ولو لم يكن ذلك المجال المغنطيسى للارض ، ذلك الغلاف الجوى السميك الذى يحيط بالارض ، لما وجدت حياة على سطح الكرة الارضية . ان الاشعاعات تؤثر تأثيرا مدمرا على اعضاء جسم الانسان . ان الطبيعة قد انشأت وقاية وحماية من قوى الكون الرهيبة ، ولا يمكن ان نسمح بايجاد او خلق مثل هذا الخطر هنا ، على الارض . لهذا قابلت جميع شعوب العالم اعلان توقيع اتفاقية موسكو لحظر التجارب النووية بكل رضى وترحاب .

وفي نفس الوقت اننا تقريبا لا نعلم ما هو تأثير المجال المغنطيسى للارض على الكائنات الحية .

ومعروف فقط ان بعض الكائنات الحية ، تتأثر به جدا . فمثلا ، بعض النباتات عندما تنمو ، تتجه سيقانها نحو القطب المغنطيسى . وقد استطاع علماء الحيوان ، توليد انفعالات انعكاسية بالنسبة للمجال المغنطيسى عند بعض الحيوانات . وقد اظهرت ابحاث السنوات الاخيرة ان حالة المرضى تزداد سوءا عند حدوث العواصف المغنطيسية وخصوصا المرضى المصابين بالسل ومرضى القلب والمصابين بارتفاع فى ضغط الدم . كما توجد معطيات ونتائج اخرى تشهد على تأثير المجال المغنطيسى على وظائف اعضاء الجسم .

الا يؤثر المجال المغنطيسى والاشعة الكونية على الصخور التى توجد فى طبقة القشرة الارضية وفى طبقة الستار الارضى او حتى فى نواة الكرة الارضية ؟ ان مادة النواة ، كما يبدو ، توجد فى تلك الحالة التى عندها يضطرب نظام الالكترونات في المدارات الخارجية للذرة . وهذه هى الحالة الرابعة التى يمكن ان توجد عليها مادة البلازما التى توجد فى كل مكان من الفضاء . ان الحالات المعروفة لدينا التى يمكن ان توجد عليها المادة ، ثلاثة — حالة صلبة ، حالة سائلة وحالة غازية — اما هناك ، فيحدث شذوذ نادر جدا .

فوق الكرة الارضية ، فى اعلى طبقة من طبقات الغلاف الجوى المحيط بنا فى منطقة المجال المغنطيسى ، توجد جسيمات مشحونة بالكهرباء . بينها يوجد كثير من بقايا الذرات ، وقد توجد ايضا جسيمات اولية مستقلة . وتتكون المادة التى تملأ الفضاء بين النجوم من البلازما . ان هذه البلازما السماوية يمكن مقارنتها بتلك التى نراها فى الانابيب الغازية العادية التى يحدث فيها تفريغ كهربائى ، والتى تضئ الشوارع والمحال التجارية ، والتى نضع فيها الاعلانات واسماء المحال المضيئة بالالوان المختلفة . هنا ايضا يوجد سيل من الالكترونات وتحدث احيانا هذه العملية عند درجات حرارة عالية جدا تقدر بعشرات الآلاف من الدرجات . واذا اخذت فى يدك هذه الانبوبة تجدها باردة . ان هذا الضوء البارد المتولد من عملية التفريغ الكهربائى من الغاز ، ينشئ الحالة الرابعة التى تحدثنا عنها ، والتى تحيط بكوكبنا من جميع الجهات بمحيط لا نهاية له .

فى داخل الارض توجد المادة المتولدة نتيجة الضغط الهائل الواقع عليها . من الطبيعى انها لا بد وان تتفاعل مع جميع الظواهر التى تحدث فى المجال المغنطيسى للارض .

نحن نتصور ، ان هذا هو خط سير حياة البلازما المغنطيسية . فى الشمس وفي مناطق نواة الشمس او فى الفضاء المحيط بها ، يحدث اما تقلص مفاجئ او تمدد مفاجئ ، يؤدى الى تغير المجال المغنطيسى للشمس . ان الشمس محاطة بما يشبه جهاز تسيكلوترون خاص بها حيث تكتسب الجسيمات الكونية نتيجة لتغير المجال المغنطيسى ، سرعات عالية جدا .

كان من الممكن هنا ، اجراء مقارنة بجهاز سنكروفازوترون الموجود فى مدينة دوبنا بالقرب من موسكو . فى هذا الجهاز ، تكتسب الجسيمات الاولية التى تمر فى الفراغ ، سرعات كبيرة نتيجة تأثير مغنطيس كهربائى عليها يبلغ وزن قلبه ٣٦ الف طن . لكن الشمس اقوى بكثير ولا يمكن المقارنة بينها وبين ذلك الجهاز. ان الجسيمات الكونية التى يعجلها المجال المغنطيسى ويكسبها سرعات عالية جدا تتجه الى اطراف منطقة تأثير المجال المغنطيسى للشمس وتقترب من منطقة تأثير المجال المغنطيسى للارض . بعد ذلك قد تتجه هذه الجسيمات الى الاقطاب المغنطيسية حيث تتجمع وتتلاقى خطوط القوى المغنطيسية ، او قد تتجه الى المناطق التى

تتحد فيها هذه الخطوط مع مناطق الشذوذ العظيم الموجودة فى الكرة الارضية ، حيث يحدث اختراق جسيمات كونية من الجيل الثانى او الثالث او الرابع الى اعماق الارض .

ومن غير المعقول ان تقف الارض ساكنة امام هذا الغزو الخارجى فقد رأينا انه عند حدوث اضطرابات شديدة على الشمس ، تحدث على الارض عواصف مغنطيسية . كذلك رأينا ان الارض تغير حتى من زمن دورانها حول محورها تحت تأثير العواصف المغنطيسية الشديدة .

ومن المحتمل ان هذه الجسيمات التى تخترق طبقات الارض المختلفة تؤثر على تلك المنطقة الموجودة على حالة بلازما فى داخل الارض . ان هذه الجسيمات تستطيع ان تثير البلازما وتستطيع بشكل عام ان تحدث اضطرابا فى عمل جهاز الدينامو الطبيعى .

ومن المعقول جدا ، انه تحت تأثير الجسيمات الكونية التى تخترق طبقات الارض المختلفة حتى تصل الى البلازما الموجودة فى باطن الارض، يحدث تغير فى المجال المغنطيسى للارض ونتيجة لذلك ، الى جانب

التأثير على سرعة دوران الارض ، يحدث ارتفاع او هبوط اجزاء معينة من القشرة الارضية .

واذا قبلنا فرض فيجينير او شتاوب ، الذى يربط نشأة السلاسل الجبلية بحركة التصادم والتباعد بين القارات ، فاننا نستطيع ان نرى علاقة مباشرة بين العمليات التى تحدث فى الفضاء والحياة الجيولوجية للارض .

تحت تأثير الاضطرابات المغنطيسية القوية يمكن ان تحدث تصدعات فى القشرة الارضية ، كما يمكن ان تتحرك من مكان الى آخر بعض الكتل الصخرية ، او قد تحدث ثنايا فى طبقات القشرة الارضية . واذا لاحظنا السير العادى لحركة تكون الجبال فى المناطق التى تعرضت فيها الكتل الصخرية للحركة ، فان احد اسباب هذه الحركة ، التى كثير من الناس يعتقد بانها مجرد حركة ميكانيكية مكتسبة ، يمكن ان تكون قوة كونية .

ومن المحتمل أن تكون تلك من اسباب تكون السلاسل الجبلية بل ونشأة جميع الظواهر الاخرى التى تؤثر على حياة كوكبنا الارضى ايضا . ومن المحتمل انه نتيجة للاشعاعات التى تخترق طبقات الارض المختلفة

تزداد القوة الاشعاعية للصخور ويحدث توليد مستودعات مجماتية جديدة ؟

تأتى بعد ذلك القوانين التى تربط عملية تقسيم الماجما ، والقوانين التى على اساسها تتولد من هذه الماجما صخور ومعادن ورواسب معدنية مختلفة .

ولا يمكن ان نهمل احتمال تأثير الاضطرابات المغنطيسية على حركة الغازات وزيت البترول ، من اعماق الارض الى سطحها . ان كل هذا ما هو الا افتراض ، لكنه اذا تأكد فان كثيرا من الاسرار ، تصبح مكشوفة ، وكثيرا من المشاكل المعقدة سوف تحل .

الارض ــ الجسم غير المعزول ، تحتل جزءا من الكون وعليها ان تتأثر بمؤثرات الكون المختلفة والمتعددة وتتحملها . ولقد رأينا ان التيارات الكهربائية الشاردة تنشأ فى الارض نتيجة للعواصف المغنطيسية . ولا يمكن ان نتجاهل التفاعلات الكهروكيماوية التى تحدث نتيجة لمرور التيارات الكهربائية فى الصخور المختلفة .

ويحدث التغير المفاجئ فى تلك الحالات عندما تكون الصخور مشبعة بالمياه . ان الاملاح الموجودة فى الارض تكون الالكتروليتات الطبيعية . لكن ، حتى الآن

لم تدرس بشكل كاف طبيعة هذه التفاعلات الكهروكميائية الطبيعية .

ما هى القوانين التى نأخذها عادة فى الاعتبار عند تحول الصخور ؟

عندما تسخن الصخور فى ظروف تشبه تلك الظروف التى توجد فى مستودعات الماجما ، فاننا نحصل على رخام من الحجر الجيرى . وعندما نعرض الصخور لقوة ضغط شديدة ينتج منها ايضا الرخام . وهذه الظواهر توجد فى الطبيعة نفسها . اننا بكل وضوح نعنى الدور الذى تقوم به المياه الجوفية ، التى تحمل الى الصخور أو تأخذ منها ، موادا كثيرة مختلفة تماما . ونحن بدون وعى دائما ما نبحث عن تلك القنوات التى حملت المادة او ازيلت بواسطتها ، حتى ولو اثبت انه بهذه الطريقة بالذات لا يمكن أن تتكون الصخور .

لكن ، ماذا لو كانت هذه القنوات لا توجد حقا ؟ هنا تنشأ وجهات نظر عديدة . فمن المعقول جدا انه عند وجود التيارات الكهربائية ، الاشعاعات والجسيمات الكونية فى الصخور ، ينشأ فى هذه الصخور تحول معين .

وكيف تؤثر الجسيمات الكونية على الصخور مثلا؟ فنحن نعلم (وعلى اساس ما نعلمه نشأت بعض وسائل الابحاث الجيوفيزيائية) انه لو عرضنا صخرة من الصخور ، لمصدر مشع قوى ، فان بعض هذه الاشعاعات تتجمع فى هذه الصخرة ويتكون فيها نظير مشع (isotope) . لكن اذا كان فى الظروف الصناعية التى تستخدم فيها مصادر مشعة ضعيفة جدا ، يمكن تحقيق ذلك ، فمن الطبيعى جدا أن الطبيعة نفسها يمكن أن تقوم بهذه التجربة لكن في هذه الحالة تكون كبيرة للغاية .

ان باحثى خامات اليورانيوم يعلمون جيدا ما هى العناصر التى تكون سلسلة تحولات اليورانيوم ، وتوجد فى الطبيعة فى ظروف طبيعية (عادية) فمثلا ، نحن نعلم طريقة الحصول على البلوتونيوم ـ احد عناصر سلسلة تحول اليورانيوم . يمكن الحصول عليه بتعريض نواة اليورانيوم ـ ٢٣٨ لسيل من النيوترونات . فى الظروف الطبيعية يمكن أن تصل الينا النيوترونات من الفضاء . ان سيل الجسيمات الكونية ، التى تصل من الفضاء ، يمكن أن تؤثر على اليورانيوم ـ ٢٣٨ وتكون بلوتونيوم ـ ٢٣٩ .

والى جانب بلوتونيوم ٢٣٩ ، فقد اكتشف كوري ـ ٢٤٧ ، اميريتسى ـ ٢٤٣ .

في اسطورة كاتنجا القديمة ، يحكى انه منذ زمن بعيد جدا ، تعرضت الكونغو لنار حامية مدمرة سقطت عليها من السماء . وكان من نتيجة هذه النار أن تكونت تلك المعادن الثمينة التى اصبحت توجد بعد ذلك فى مناطق متفرقة فى وسط افريقيا . ومما لا شك فيه اننا لا نستطيع أن ننطلق فى نتائجنا من هذه الاسطورة، لكن الا يوجد فيها ولو جزء بسيط جدا من المعقولية ؟ لماذا لا يمكن أن نفرض أن بعض الصخور الخداعة ، الصخور المتوحشة ، الصخور المستذبة التى تحفظ كل دقائق تركيب الصخر الاصلى قد نشأت نتيجة عمليات التحول الكميائى للعناصر التى تصحب عملية الاشعاع ؟

من المحتمل جدا أن الانسان سوف يتعلم كيف يدير ويتحكم فى تكوين المعادن ورواسب المعادن بواسطة القذائف النووية الموجهة . ان هذه الافكار تعتبر حتى الآن خيالية ، لكن الا ترى اننا الآن نشاهد كيف أن كثيرا جدا من التنبؤات العلمية ـ الخيالية قد تحققت اخيرا . الى جانب ذلك ، فقد بدأت تظهر

مؤلفات علمية فى هذا الموضوع . فى كييف اجرى العالم سلينزاك ابحاثه على صخور وسط اوكراينا ، حيث يقوم بمحاولة اثبات أن هذه الصخور قد نتجت بتأثير تفاعلات ذرية .

وقد قام العلماء الامريكيون سيبورج وبيرلمان وهولندر وغيرهم بابحاث مشابهة .

ويوجد كثير من المعارضين لرأى سلينزاك وايضا للعلماء الامريكيين . فمن الصعب ترك الاعتقادات القديمة عن الحرارة والضغط وتأثير المياه الجوفية على تحول الصخور ، لكن سوف يأتى الوقت الذى تتأكد وتدعم فيه هذه الافكار الجديدة بكميات كافية من الحقائق . عندئذ سوف تنتقل هذه الافتراضات من فصيلة الخيال العلمى الى صف الطرق العلمية العملية . ومن المحتمل ، أن اكتشاف تشابه او وحدة بين ما يحدث على كوكبنا من عمليات مختلفة وبين ما يحدث على الشمس سوف يعطينا نظرية جديدة عن نشأة الكرة الارضية وتلك العمليات الجيولوجية التى تحدث فيها ؟

ان طبقة الستار الارضى ، ما زالت حتى الآن نحيط بنواة الارض التى يكتنفها الغموض . وقد وردت

كثير من الفروض المختلفة عما تخفيه هذه الطبقة .
لكن عندما نستطيع حل الغاز معظم المعلومات التى تصل الينا من اعماق الارض ، فان الاتصال المتبادل بين الكون وباطن الارض سوف يفتح امامنا بكل تأكيد صفحات جديدة من تاريخ تطور الكرة الارضية ، الذى يحيرنا حتى الآن .

البحث عن المجهول

فشل من البداية

لقد بدأ العالم كله يتحدث عن مشروع موخو المدهش ، لاول مرة عام ١٩٥٧ ـ مشروع حفر آبار عميقة تخترق القشرة الارضية باكملها وتصل الى طبقة الستار الارضى الغامضة . وحتى ذلك الوقت اخذ المشروع ينضج وتتحدد معالمه فى مراكز ومعاهد البحث العلمية .

عندما قرأت لاول مرة فى المجلات الامريكية عن هذا المشروع ، تذكرت على الفور ذلك النقاش الذى دار اثناء انعقاد المؤتمر الجيولوجى العالمى السابع عشر . كتب العلماء الامريكيون انهم سوف يتوغلون فى تلك المادة التى تولدت منها جميع صخور الكرة الارضية . ويفهم من هذه الكلمات أن مادة طبقة الستار الارضي

التى اخترقت القشرة الارضية توجد على شكل مادة مصهورة . وهكذا لم يكن من الصعب أن نوقن انه كان يوجد على رأس المشرفين على المشروع مجماتيون حقيقيون يؤمنون بوجود مصهور البريدوتيت تحت القشرة الارضية .

واردت بكل شغف أن اعرف اسماء المشرفين على هذا المشروع اذ من المحتمل أن يكونوا قد حضروا معى المؤتمر الجيولوجى العالمى السابع عشر الذى عقد عام ١٩٣٧ . وبعد مدة اعلن عن اسماء هؤلاء المشرفين . كان المشرف على عمليات الحفر ، الدكتور الن وتيرمان رئيس المجمع العلمى الوطنى فى الولايات المتحدة الامريكية ، وكلف بادارة القسم العلمى ، الدكتور ديتليف برونك ، رئيس المجلس الوطنى للابحاث باكاديمية العلوم الامريكية . وبحثت فى الدليل عن اسماء هؤلاء العلماء . انهم لم يحضروا المؤتمر . لكن الافكار والآراء التى نوقشت فى ذلك الوقت ، بحماسة بالغة ، قد انتشرت فى الاثير .

لقد استمرت عملية اخراج هذا المشروع الى مرحلة التنفيذ مدة طويلة . ووضع تحت البحث لاول مرة عام ١٩٥٩ فى مدينة نيويورك ، حيث اجتمع فى

مؤتمر علم المحيطات ، علماء من جميع انحاء العالم .
لقد رحل الى هذا المؤتمر وفد الاتحاد السوفييتى على الباخرة « لومونوسوف » التى شقت امواج الاطلنطى وكثيرا من البحار الاخرى .

وقد فهم من المعرض الذى اقيم فى مؤتمر ابحاث المحيطات أن الامريكيين ، ينوون القيام بحفر بئرين للاختبار : احداهما فى منطقة جزيرة جواديلوب فى المحيط الهادى ، والأخرى بالقرب من بورتو-ريكو فى المحيط الاطلنطى . وقبل بدء عملية الحفر هذه ، اجروا عمليات حفر اختبارية فى قاع البحر من السفن ، لكنهم الآن امام عملية عظيمة للغاية . فقد اجمع العلماء جميعا ، على أن ما يعلمونه عن تلك المادة التى يتوقع ايجادها بواسطة عمليات الحفر العميقة قليل للغاية .

لقد أكدت الابحاث السيزمولوجية التى اجريت على جزيرة جواديلوب أن قاع المحيط يقع تحت طبقة من مياه المحيط يبلغ سمكها اربعة كيلومترات . وقد افترض أن سمك الرواسب الهشة ، يبلغ حوالى ١٥٠ مترا ، بعد ذلك سوف تأخذ البريمة فى اختراق الصخور الصلبة التى توجد فى القاع ، وتستمر فيها الى الحد الممكن . فى

هذا المكان يقع اساس القشرة الارضية على عمق تسعة كيلومترات ونصف الكيلومتر من سطح المحيط ، او بمعنى آخر ، ان سمك القشرة الارضية فى ذلك المكان ، لا يزيد على خمسة كيلومترات ونصف الكيلومتر . فقط هذه المسافة تفصلنا عن تلك المادة التى تكوّن طبقة الستار الارضى . ومن الطبيعى أن اتفق الجميع على رأى واحد : علينا أن نحصل باسرع ما يمكن على نتائج .

وقد استمرت الاحداث على النحو التالى : فى اجتماع الاتحاد العالمى للجيوديزيا (علم المساحة) والجيوفيزياء عام ١٩٦٠ شكل مجلس لابحاث الجزء العلوى من طبقة الستار الارضى . وقد أسندت رئاسة هذا المجلس الى رئيس الاتحاد العالمى للجيوديزيا والجيوفيزياء ، العضو المراسل باكاديمية العلوم السوفييتية الدكتور ف . بيلاووسوف ، العالم الكبير فى تركيب الارض .

وفى الحال بدأ تنفيذ المشروع بالقرب من جواديلوب . وقد فضّل الامريكيون اختبار احتمال جرئ للغاية . قبل ذلك كانوا قد اجروا عمليات الحفر الاختبارية بواسطة سفن ثابتة فى مكانها على سطح الماء بواسطة

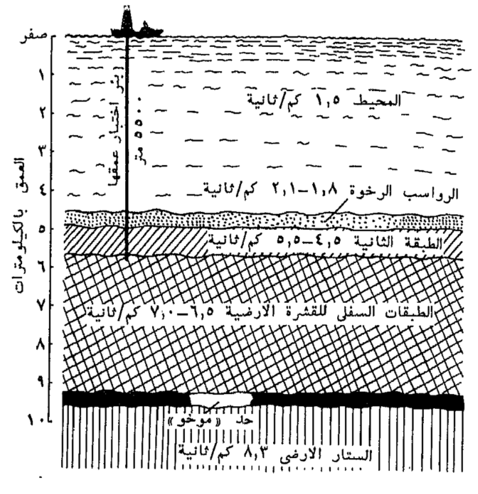
اهلاب القيت الى القاع . ان السفينة التى كانت تقوم بعمليات الحفر لم تستطع أن تلقى اهلابها الى عمق اربعة كيلومترات . لان الاهلاب ليس بمقدورها أن تثبت السفينة فى مكان واحد . لذلك فقد قدم اقتراح آخر للقيام بهذه العملية . فى الاركان الاربعة لسفينة الحفر ثبتت رفاسات تعمل اتوماتيكيا عند حدوث اى انحراف فى مستوى السفينة . اما بالنسبة لاتجاه السفينة بشكل عام فى الماء فقد تم التحكم بها بواسطة عدد من العلامات المائية (شمندورة) التى ثبتت حولها .

لقد بدأ الحفر فى مارس (اذار) سنة ١٩٦١ وتم الحصول على النتائج الاولى فى شهر ابريل (نيسان) . واتضح أن عمق قاع المحيط فى تلك المنطقة اقل بقليل مما قدره المشروع ، أى انه لم يكن اربعة كيلومترات بل ٣٥٧٠ مترا . وقد حفرت البريمات المصنوعة من الماس الطبقة الرسوبية الهشة الموجودة فى قاع المحيط والتى بلغ سمكها ١٥٠ مترا (هنا كانت الارقام التى ندرت فى المشروع صحيحة) . بعد ذلك استمرت البريمات تقطع فى صخور اكثر صلابة ووصلت الى عمق حوالى ٣٦ مترا .

بعد أن سحبت عينات الصخور من ذلك العمق الى السطح ، اتضح أن كل الآلات قد تلفت . واصبح من المستحيل ان تنزل الى هذه البئر مرة اخرى . ثم توقفت عمليات الحفر . هذا ايضا ما حدث فى منطقة بورتوريكو حيث ادت عاصفة شديدة الى فقد البئر على الرغم من وجود جميع الاجهزة الدقيقة اللازمة .

وهكذا لم يتحقق مشروع موخو . وفى الواقع فقد حصلنا على نتائج جيولوجية مهمة للغاية ، وقد انتهى البحاثة السوفييت الآن من دراستها .

بعد أن استخرج الامريكيون كميات كبيرة من البازلت من قاع البحر ، ارسلوا منها عينات الى اكاديميات علمية كثيرة فى مختلف بلدان العالم . وقد ارسلت احدى هذه العينات الى اكاديمية العلوم السوفييتية . وفى الحال اعطى الاكاديمى شرباكوف هذه العينات الى الباحثين ، الذين اكدوا دقة التقديرات الامريكية . لقد كانت عينة الصخور فعلا من البازلت . لكن اهم ما فى الموضوع هو تعيين العمر المطلق لهذه العينة . لقد اتضح انها تكونت منذ حوالى ٢١٢ مليون سنة (الفرق المحتمل فى هذا التقدير هو ١٠ ملايين سنة) . ان هذه الدقة ، تعتبر عالية بالنسبة لهذه الفترة الزمنية الجيولوجية .



قطاع القشرة الارضية فى منطقة الحفر العميق عند جزيرة جواديلوب حسب مشروع « موخو » . لقد رسم القطاع على اساس ملاحظة الموجات الزلزالية ذات السرعات المختلفة فى مختلف اجزاء القشرة الارضية

وعن عفو خاطر تذكرت تلك الفروض التى اعلنها علماء مختلفين عن تركيب ونشأة قاع المحيط الهادى . ان العالم الالمانى شتاوب يعتقد انه من هذا المكان ،

مكان المحيط الهادئ ، انفصل القمر عن الارض ، وحدث هذا عندما كانت الارض في اولى مراحل تطورها ـ اكثر من الفي مليون سنة مضت . لقد حدثت ثلمة خاصة في الكرة الارضية ، كان من نتيجتها أن تدفقت الحمم البركانية البازلتية من اعماق الارض لكي تعالج الثلمة .

ان اكتشاف البازلت في تلك المنطقة يبدو انه يدعم فرض شتاوب ، لكنه اتضح أن العمر المطلق ، من وجهة نظرنا قليل جدا (حوالى ٢٠٠ مليون سنة) . واذا اخذنا في الاعتبار كل المعطيات التي تقدمها لنا العلوم الحديثة ، فان اعتقاد شتاوب بحدوث تلك الكارثة العظيمة في حياة الكرة الارضية التي تسببت في فصل القمر عن الارض لا يمكن اعتباره صحيحا .

وكذلك فان فكرة بوخلياكوف ، التي تؤكد أن التابع الثاني للارض « بيرون » قد سقط الى سطح الارض في منطقة المحيط الهادي يبدو الشك فيها ايضا . اذ لم يلاحظ الجيولوجيون أية اثار لهذه الكارثة .

لم يستطع العلماء الامريكيون تحقيق مشروعهم العظيم . واعلنوا انهم ينوون القيام بعمليات الحفر في منطقة جزر هاواي ، في قلب المحيط الهادى .

جغرافية المناطق المجهولة

لقد كثر الحديث منذ مدة طويلة عن الاستعداد للقيام بعمليات حفر آبار عميقة فى مناطق مختلفة من الاتحاد السوفييتى . وقد قرر الجيولوجيون السوفييتيون ان يتخذوا طريقا آخراً . واعدت حسابات وتقديرات معقدة لعمليات الحفر العميقة هذه واجريت ابحاث سيزمولوجية كبيرة لمناطق شاسعة غير محدودة من الاتحاد السوفييتى .

لقد اظهرت الابحاث السيزمولوجية الخواص الرئيسية وحتى التفصيلية لتركيب القشرة الارضية فى الاتحاد السوفييتى – على اليابسة وفى قاع البحار . وقد ادخلت تحسينات كثيرة على تكنيك الابحاث . وفي كثير من المناطق يمكن ان نجد الآن طوابير السيارات والاوتوبيسات ذات الاغراض المختلفة وسيارات اللورى وسيارات الركوب الخفيفة ، وعلى بعض هذه السيارات نجد رسم علم صغير احمر اللون . وهذا يعنى فى قاموس اشارات المرور ان هذه السيارة تحمل وقودا او موادا حارقة خطرة او موادا متفجرة . احترسوا ايها السائقون ولا تحاولوا ان تتجاوزوا هذه السيارة . وفي الواقع ان هذه السيارات

تحمل متفجرات الغرض الاساسى منها اجراء زلازل صناعية .

وهاكم سيارات اخرى تشترك فى هذه القافلة ــ عربات حفر الآبار المتحركة ذاتيا وحفارات وعندما تصل القافلة الى المكان المراد دراسته تحفر بئر رئيسية تملأ بالمتفجرات . وفى ٤٨ حفرة اخرى توضع اجهزة الاستقبال السيزمولوجية ــ اجهزة حساسة ، تقوم بتسجيل جميع الاهتزازات التى تحدث فى الارض .

توصل جميع اجهزة الاستقبال السيزمولوجية بواسطة اسلاك باتوبيس ، فى محطة التسجيل الرئيسية . فى هذه المحطة تتحول اية اشارة ترد من اجهزة الاستقبال الى شعاع ضوئى يسقط على ورق حساس يدور على قرص عريض . ان ٤٨ جهازا يدون على الورق الحساس آثارا تبين للباحث كيف انكسرت أو انعكست الموجات السيزمولوجية اثناء عبورها الطبقات الصخرية المختلفة . وعلى الشريط يسجل ما يسمى بالسيزموجرام . ان اى شخص غير اختصاصى لن يفهم شيئا من تلك المنحنيات او الخطوط السميكة المتقاربة . لكن الجيوفيزيائى الخبير يستطيع فى الحال ان يعين لحظة سقوط الموجات السيزمولوجية فى

تلك الطبقة او الاخرى وكذلك لحظة انعكاس هذه الموجات . انه يستطيع ان يرى على اى عمق توجد هذه الطبقة ، واخيرا يستطيع ان يعين المنطقة التى بعدها تزداد سرعة انتشار الموجات السيزمولوجية بشكل ملحوظ — طبقة موخو ، الحدود السفلى لطبقة القشرة الارضية .

وعلى ضوء الابحاث التى يجريها السيزمولوجيون ، اومن يقومون باختبار الارض ، يعمل باحثون آخرون ، لتعيين الاماكن المفروض اجراء الحفر العميق فيها . وقد كان الاستاذ جودين من كبار المشرفين على هذا العمل . لقد كان متحمسا جدا لهذا العمل ووهب كل حياته لدراسة تركيب القشرة الارضية بواسطة الاجهزة الحديثة .

فى المتحف الجيولوجى الموجود فى الطابق الثامن والعشرين بجامعة موسكو الحكومية يوجد رسم رائع — مقطع القشرة الارضية لجميع اجزاء روسيا فى اتجاه خط العرض . قام بعمل هذا الرسم الدكتور ابرودوف ، الاستاذ المساعد بجامعة موسكو . عند وضع هذا المقطع استعملت دراسات الاستاذ جودين ورفاقه ، وكذلك دراسات وابحاث علماء آخرين اهتموا بدراسة تركيب القشرة الارضية .

ان هذا الرسم غير بسيط على الاطلاق . لقد وضع على اساس ابحاث علمية دقيقة ويبين الخصائص المختلفة لتركيب مناطق القشرة الارضية .

وتختلف القشرة الارضية حتى فى الجزء الاوروبى من الاتحاد السوفييتى والاورال ، فى حين تأخذ شكلا آخر فى غرب سيبريا . اما منطقة القشرة الارضية الموجودة بين نهرى ينيسى ولينا فتشبه فى تركيبها تركيب القشرة الارضية فى المناطق الاوروبية من الاتحاد السوفييتى الى حد كبير . فى شرق الاتحاد السوفييتى نجد من جديد شكلا خاصا لتركيب القشرة الارضية ، حيث تصل جذور سلاسل الجبال الى اعماق كبيرة . الى جانب ذلك فان آثار الصراع بين اليابسة والمحيط فى غاية الوضوح . هنا نجد تأكلا شديدا فى الاجزاء القارية من القشرة الارضية . وتمتد الى اليابسة مناطق المحيطات ، حيث تزول الطبقة الجرانيتية ، ويقترب موضع الطبقة البازلتية من سطح الارض . ويزداد سمك القشرة الارضية زيادة طفيفة فى مناطق الجزر ويقل سمكها تدريجيا فى قاع المحيطات .

واذا فحصنا اجزاء اخرى من طبقة القشرة الارضية ،

ففى اى مكان ، وفى كل منطقة سوف نجد مميزاتها الخاصة بها . ان البروفيل الذى يمر بالبحر الاسود والقوقاز لمثير للغاية . ان جبال القوقاز نفسها بشكلها الحالى لا نجد بينها وبين المناطق القارية من القشرة الارضية التى يبلغ سمكها حوالى ٤٠ ــ ٥٠ كيلومترا أىّ تباين . فى هذه المناطق توجد طبقات رسوبية وجرانيتية وبازلتية . وفى مناطق البحر الاسود يحدث انتقال الى الطراز المحيطى لتركيب القشرة الارضية ، وفى نفس الوقت يمكن ملاحظة تباين واضح .

ويظهر هذا التباين اولا فى ان سمك القشرة الارضية هنا لا يبلغ خمسة او عشرة او اثنى عشر كليومترا ، كما هو الحال فى المحيطات ، بل يبلغ عشرين كيلومترا . ان الطبقات الرسوبية العليا هنا سميكة جدا (اكثر من ١٠ ــ ١٢ كيلومترا) ، على عكس الوضع فى المحيطات. اذ ان سمك هذه الطبقة هناك بسيط للغاية ، ولا توجد او تقريبا لا توجد طبقة الجرانيت الا بشكل جزر صغيرة . بعد ذلك تأتى طبقة من البارلت يبلغ سمكها ٥ ــ ٨ كيلومترات . تحت هذه الطبقة يوجد الجزء العلوى من طبقة الستار الارضى .

ولكى نبين المكان الذى سوف يتم فيه الحفر ، يتحتم وضع نقطة على الخريطة . ولكن لكى تضع هذه النقطة ، تجرى ابحاث كثيرة مختلفة . من المفروض ان تختار هذه النقط بحيث تكون الفائدة اكبر ما يمكن . ما الذى دعا العلماء الى اتخاذ قرار بالبدء بعمليات الحفر العميق فى الاتحاد السوفييتى لخمس آبار (١٥ — ١٨ كيلومترا) ؟ ان اهم شئ هو الاهمية الاقتصادية الوطنية لهذا الشكل من العمل .

هنا ، بكل تأكيد يختلف كثير من العلماء ، ولم ينته حتى الآن النقاش حول تعيين مكان حفر هذه الآبار بشكل دقيق لكنه تحددت تقريبا المناطق التى سوف يتم فيها حفر الآبار العميقة .

ان عينات الصخور نفسها لهى خير من يستطيع ان يقص علينا قصة هذه الآبار . إن الصخور فى صمتها وهدوئها تحفظ فى داخلها المعلومات المختلفة عن ظروف تكونها ونشأتها ، عن تلك الاحداث الهامة التى تعرضت لها ، عن المشكلات المرتبطة بها . إن الصخور تستطيع ان تضئ لنا تلك الجوانب الغامضة من عالم

الجغرافيا او عالم الجيولوجيا غير المرئي، التي ما زالت مجهولة بالنسبة لنا .

انني افخر بوجود عينات معينة من الصخور في مجموعتي . ان بعضا منها شكله غير جميل ، لكن تأثير العينات التي تجمعها بنفسك لا يتوقف على شكلها الخارجي . ان كل عينة من هذه العينات مرتبطة بحادثة او قصة معينة . . نعم ، على الخصوص القصص والحكايات ذات الفحوى العصيب. ان اية حصاة بسيطة يمكن ان تقص على الباحث تاريخ حياتها المؤثر الذي تعرضت له ، وسوف يأتي الوقت الذي اكتب فيه قصة عن الحصى . ان الصخور عند الجيولوجي تشبه الناس. ان مصير الصخور ايضا يتوقف على طبيعة هذه الصخور وعلى كثير من تقلبات الزمن ونوائبه وحتى على الصدفة .

وها كم الماس الرائع الذي تلمع وتتلألأ سطيحاته . ان النجمة الماسية المعلقة على كتف المارشال تلمع وتتلألأ مزهوة بشجاعة وبسالة صاحبها . انه يستطيع ان يخدش ويقطع اقسى واصلب الصخور وان يطحنها ويحولها الى مسحوق دقيق جدا . كما يمكن استخدام الماس في صناعة الاسلاك الرفيعة جدا ، وتستخدم في

ادق انواع اجهزة قياس الزمن . ان الطريق للوصول الى الماس ، فى بعض الظروف مملوءة بحوادث القتل والخيانات والدماء .

ان بريق الجوهرة التى اسمها « كوهينور » غير متحمل . كم من الجرائم ارتكبت من اجلها . يقال انها وجدت فى الهند منذ خمسة آلاف سنة مضت وانها ظلت تنتقل من راجا الى راجا (راجا — زعيم او حاكم فى الهند) . وقد ارتكبت عشرات الجرائم من اجل الحصول على هذه الجوهرة . ويقال ان كل من امتلك هذه الجوهرة من الهنود (على الاقل فى الخمسمئة سنة الاخيرة) لم يمت ميتته الطبيعية ، وانما لقى حتفه على ايدى المغتالين .

فى متحف الارميتاج فى مدينة لينينجراد وجدت الجوهرة « شاه » مقرها الاخير . لقد اهديت هذه الجوهرة الى الحكومة القيصرية بسبب مقتل الكاتب جريبايدوف الذى كان سفيرا لروسيا فى طهران فى ذلك الوقت . وكم من الذكريات المحزنة لدى كثير من عينات الصخور هذه .

وثمة صخور لها مصائر مختلفة . انها لا تتلألأ بالوان زاهية جميلة ولكن حياة كثير من الناس ، تتركز

وتتجمع فى هذه الصخور . ان لهذه الصخور مصائر مثيرة ، انها شهود الاحداث العظيمة فى تاريخ الارض . وهى موجودة فى تلك المناطق التى سوف يجرى الحفر فيها الى اعماق بعيدة .

حكاية الحجر الاول

ان اول عينة من عينات الصخور اخذت من بئر الحفر العميقة جدا التى حفرت فى بشكيريا غربى الاورال . لقد رقدت هذه الصخرة هادئة مطمئنة تحت طبقات من الصخور بلغ سمكها كيلومترين . وعندما اخرجوها من الاعماق اخضّر لونها ، كما لو كان قد تغير لونها من الغضب على من ازعجها واخرجها من سكونها . اسود مخضر ، او اخضر داكن . لقد كانت تشبه الى حد كبير الجنىّ العربى الذى يخرج من القمقم . اما الفارق الوحيد بينهما فهو ان هذه العينة الصخرية لم تكن تهدد او تتوعد ، بل على العكس رفضت ان تحكى لنا اى شئ عن نفسها .

وهكذا قرر العلماء ان يستجوبوا هذا الجنىّ

المشاكس العنيد بأية طريقة . ان بحاثة هذا العصر يملكون عشرات الطرق التي يستطيعون بها ان يرغموا حتى الصخور على الكلام .

وكبداية للاستجواب فقط قطع العلماء من العينة الصخرية شريحة بشكل قرص صغير ، يبلغ سمكها ٠٢ر٠ مليمتر . ان هذه الشريحة شفافة ويمكن فحصها تحت الميكروسكوب بسهولة وقد اخذ هذا الجنى يتلوّن بمئات الالوان المختلفة عند فحصه . فقد بدأ لونه يتغير من اخضر داكن الى اخضر باهت ثم الى اخضر يميل الى الصفرة . وكانت هذه الالوان معروفة لدى الجيولوجيين . انها تميز نوعا من المعادن يسمى هورنبلند من مجموعة الامفيبولات . وقد لوحظ اثناء فحصه تحت الميكروسكوب وجود معدن آخر بين البقع الخضراء يسمى بالفلسبار ، الذى يتميز بوجود خطوط متوازية مضيئة ومظلمة على التوالى فى بلوراته .

وسواء أراد هذا الجنى ام لم يرد، فلم يعد اسمه بعد مجهولا . لقد كان مرغما على الاعتراف بانه يسمى باسم المعدن الرئيسى الذى يكونه، الامفيبوليت. وهكذا عندما وجد ان اسمه اصبح معروفا بدأ يعترف بلغة فصيحة جدا ،

بخلاف الجنى العربى الذى كان يتحدث بلغة بدائية قديمة . « نحن مجموعة الامفيبوليت صخور تنتشر فى جميع اجزاء الارض . يمكن ان توجد فى الصخور المجماتية المتحولة ابو جابرو* ، ابوديابيز ، كما توجد ايضا فى الصخور الرسوبية المتحولة — او ابو الرخام ، وايضا فى الصخور المخلوطة — او الحجر الجيرى ، كما تتداخل ايضا فى مناطق وجود الصخور البركانية » .

لقد استمع الجيولوجيون الى هذا الحديث باعجاب شديد . وطلبوا من الجنى الامفيبوليت ان يقص عليهم كل هذا باللغة الروسية .

واتضح ان وراء هذه الكلمات الحكيمة تختفى فكرة هامة جدا . لقد كشف الجنى عن سر ولادته ونشأته . ان كلمات الجنى ، لو ترجمت الى لغتنا العادية تعنى أنه ليس من المحتم ان تنشأ مجموعة المعادن الامفيبوليت من الكتل الصخرية المصهورة التى توجد فى مستودعات الماجما ، كما يعتقد كثير من الجيولوجيين .

---

* ابو — تضاف الى اول الكلمة لتدل على الصخر الذى تكون على حساب الصخر الحالى .

« كلا ـ قال الجنى الامفيبوليت ـ نحن مجموعة الامفيبوليت يمكن ان نتولد من طمى البحار » . واخذنا ننصت باهتمام واستمر الاستجواب .

وهنا كان علينا ان نستعمل الاجهزة الجيوفيزيائية . فقد اضطر الباحثون ، اقصد العلماء ، الى ان يرحلوا الى المكان الذى اخذ منه الجنى . كان عليهم ان يرحلوا بالاجهزة مئات الكيلومترات . لكنهم استطاعوا ان يعلموا ان مجموعة معادن الامفيبوليت ، وكذلك كثير من الصخور الملازمة لها والمترسبة فى ذلك المكان تحت سطح الارض ، تختلف عن جميع الصخور الاخرى لجبال الاورال .

ما هى مميزات صخور الاورال ؟ اول كل شىء انها تمتد موازية لخط الزوال . لقد تعلمنا فى طفولتنا ان الاورال سلسلة جبال تمتد من بحر كارا حتى بحر آرال . اما الصخور ، التى ترتبط ارتباطا وثيقا بالجنى ـ الامفيبوليت ، فتمتد فى اتجاه خطوط العرض وتقطع سلسلة جبال الاورال فى عدة مناطق على شكل سلسلة تذكرنا بالسلاسل الجبلية . ان جبال الاورال العرضية تقاطعت مع الجبال الطولية .

وهنا اتضحت اهمية اعتراف الجنى-الامفيبوليت الذى ادلى به بعد وضعه تحت الميكروسكوب . وهذا يعنى ان ما اكتشف تحت الارض لم يكن فيضانا او سيلا من أى مستودع من مستودعات الماجما الموجودة فى باطن الارض ، لكنها اثار صخور عادية ، تكونت منذ زمن بعيد جدا فوق سطح الارض ، وتبدو فى الوقت الحالى محفوظة فى اعماق كبيرة من سطح الارض . وهذا يؤكد انه فى الماضى البعيد تقدم البحر حتى ذلك المكان الذى توجد فيه الآن جبال الاورال ، حيث تجمعت الرواسب المختلفة . متى حدث كل هذا ؟

اثنان من العلماء السوفييت الاكاديمى بولكانوف والاستاذ جيرلينج الحائزان على جائزة لينين قاما بابتكار طرق كثيرة للاستجواب ، حتى ان الصخور كادت ان تعترف وتدلى بما تعرفه عن زمن ولادتها .

واخيرا وقع الجنى-الامفيبوليت فى يد الاستاذة المساعدة مارينا جاريس ، التى تعمل فى فرع اكاديمية العلوم السوفييتية الموجود فى بشكيريا . لم يبق شىء لم تعمله الباحثة لهذا الجنى المسكين . لقد تحولت قطعة الصخر الى مسحوق دقيق ، صبت عليه الحوامض ، سخن

وتعرض لمئات العمليات المختلفة . لم يستطع الجنى ان يصمد . لقد اعترف امام العلماء بسر ولادته .

ولد هذا الجنى منذ الف وخمسمئة مليون سنة مضت بالضبط . لقد ادهش هذا الرقم الجميع . اذ كان العلماء واثقين من ان اقدم صخور جبال الاورال اصغر بكثير من هذا الرقم ، لقد كان عمرها لا يزيد على ١٢٠٠ مليون سنة .

لكن هذا الجنى لم يكن اقدم الصخور الموجودة . لقد ولد كثير من اصدقائه قبله بمدة طويلة . وقد اكتشف الاستاذ ليف اوفتشينيكوف في احد مختبرات مدينة سفردلوفسك صخورا اخرى يبلغ عمرها ١٩٠٠ مليون سنة . وهذه الصخور التى تبلغ هذا العمر عثر عليها فى بئر كراسنوكمسك على عمق ٢٩٠٠ متر تحت سطح الارض .

وقال الجن الذين كشفوا عنهم فى كراسنوكمسك عندئذ (ايضا بمساعدة المترجمين — الاجهزة الجيوفزيائية) انهم امتدوا على شكل سلسلة جبلية طويلة تكاد تبدأ من مدينة كيروف حتى هانتى — مانسيسك التى تقع وسط نهر اوب فى سبيريا . ان هذه المسافة تبلغ حوالى

٢٠٠٠ كيلومتر . وبتعبير آخر ، ان هذه السلسة الجبلية الموجودة تحت الارض تعادل تقريبا سلسلة جبال الاورال .

وهكذا دفع الجن الجيولوجيين لدراسة المناطق العميقة من جبال الاورال . ولكن حتى الآن لم نحصل على اجابة لذلك السؤال الرئيسى : ما هى الرواسب المعدنية التى يمكن أن توجد فى سلسلة الجبال الجوفية . واستمر استجواب جن الازمان السحيقة .

يعلم العلماء انه فى جميع بلدان العالم تكتشف فى الصخور القديمة التى يبلغ عمرها حوالى ٢٠٠٠ مليون سنة ، رواسب معدنية غنية بالحديد والنحاس ، تحتوى ايضا على خامات العناصر النادرة . ويوجد فيها كذلك كثير من الرواسب المعدنية القيمة الاخرى .

ومنذ وقت غير بعيد يستمر علماء تشكل الصخور باستجواب الجن . ان هذه المجموعة من الجيولوجيين تدرس قوانين تكون القشرة الارضية وتاريخ تطورها . لقد قرر علماء تشكل الصخور ، ان سلسلة جبال الاورال العرضية الموجودة تحت سطح الارض توجد على اعماق مختلفة . فاحد اجزاء سلسلة الجبال العرضية

التى تبدأ من كيروف حتى تشوسوفايا مثلا يوجد على عمق يبلغ حوالى خمسة او ستة كيلومترات او حتى اكثر من ذلك . وفى حدود وسط الاورال تكسرت هذه السلسلة الى كتل صخرية منفصلة بفعل الزلازل والهزات الارضية التى حدثت فى الازمنة الغابرة . وتقع هذه الكتل الصخرية على اعماق مختلفة ، وبعضها يوجد بالقرب من سطح الارض . ويمكن أن نفرض أن احدى هذه الكتل تقع الآن فى اطراف مدينة نيجنى تاجيل . ومن المحتمل أن توجد تلك الكتل الصخرية التى ارتفعت من سلسلة جبال الاورال المدفونة فى مناطق سلسلة الجبال العرضية شرقى الاورال .

وفى القريب العاجل سوف تأخذ سلسلة جبال الاورال العرضية تسمية ما . وحتى الآن تسمى « الاورال الثالثة » آخذين فى الاعتبار أن « الاورال الاولى » هى سلسلة الجبال التى تمتد من بحر كارا حتى موجادجار . اما « الاورال الثانية » ، فتطلق على سلسلة الجبال المدفونة التى تمتد موازية للسلسلة الاولى وتقع شرقيها . وبالنسبة للسلسلة العرضية الاولى فى زمن ولادتها فقد كان يجب أن تسمى « الاورال الاولى » . ان جزءا كبيرا منها يقع فى

المنطقة ، التى كانت تسمى فى الماضى بيارمى . هذه المنطقة اكبر قليلا من المنطقة التى تسمى الآن بمنطقة بيرم . وجدير بالذكر ، أن كلمة « بيرم » مشتقة من كلمة بيارميا حيث كانت تسمى هذه المنطقة فى ما بين القرنين التاسع والثانى عشر . وهكذا يمكن أن نسمى سلسلة جبال الاورال العرضية المدفونة القديمة « سلسلة بيارميا » . فى هذه السلسلة يمكن فصل جزء يخص منطقة بيارميا ، وهو ذلك الجزء الذى يمتد من كيروف حتى مدينة تشوسوفوى . بعد ذلك تمتد المنطقة الوسطى من سلسلة جبال بيارميا التى يمكن أن نسميها تاجيل . ويقع هذا الجزء فى منطقة الاورال نفسها . اما الجزء الشرقى المتبقى من السلسلة فيمكن تسميته « مرتفعات مانسيسك المدفونة » .

ان تناسق هذه الكلمات يبدو غريبا بعض الشيء : مدفونة — ثم فجأة مرتفعات . لكن هذه المرتفعات كانت فى وقت من الاوقات على سطح الارض ، ونتيجة لبعض العمليات المعقدة لتاريخ الكرة الارضية الطويل فنيت هذه المرتفعات . ومن الطبيعى ألا يدور حول كل شيء هنا جدل او نقاش . ان بعض الجيولوجيين والجيوفيزياثيين

يعتقد بان هذه السلسلة الجبلية لم يكن لها وجود ، وان كتلا عظيمة من الصخور الثقيلة والصخور المغنطيسية ، نتيجة تصلبها فى الاعماق ، قد تغلغلت من طبقة الستار الارضي فى القشرة الارضية ، عبر الفلوق الارضية العميقة. اما الماجما المتصلبة فقد كونت فى هذه الاماكن رواسب الصخور الثقيلة والصخور المغنطيسية . ولكننا ، بدون الاعتماد على الطريقة التى نشأت بها سلسلة جبال بيارميا ، اذا حفرنا فيها سوف نحصل على معلومات كثيرة ومفيدة عن الرواسب المعدنية التى قد توجد فى باطنها .

لننتقل بافكارنا الى الوضع بعد ١٠ سنوات أو ١٥ سنة. فى هذا الوقت سيكون قد انتهى العمل فى حفر البئر العميقة فى الاورال .

لقد اصبحت لدينا الآن اجابات على كثير من الاسئلة . احدها يرتبط بتلك الصخور التى تغلغلت وتداخلت فى القشرة الارضية من طبقة الستار الارضى . أو على اساس الفرض الثانى ، تلك الصخور التى تكونت هنا من الصخور الرسوبية القديمة. وكانت ثمة آراء انتشرت فى الاورال مدة طويلة ، مفادها أن الصخور الجرانيتية ،

اخذت شكلا يسمى باتوليت * — وهى عبارة عن اجسام مخروطية الشكل كبيرة جدا وتنبع من مناطق طبقة الستار الارضى . ويعتقد بان طبقة القشرة الارضية باكملها كانت تنصهر هنا . هكذا اعتقد المجماتيون . اما اصحاب النظرية النبتونية الحديثة ، أى اصحاب نظرية التحول ، فانهم يؤكدون انه لم يكن هناك أى انصهار للقشرة الارضية ، وان جرانيت الاورال ، يوجد على هيئة طبقات تسمى « جاربوليت » نشأت على حساب انصهار تلك الصخور التى كانت موجودة هنا ، فى هذه الطبقة . او انه لم يكن هناك أى انصهار ، لكن تحت تأثير ارتفاع درجة الحرارة وقوة الضغط الشديد التى تتولد اثناء عملية تكون الجبال حدث أن تحول جزء من هذه الصخور الى جرانيت (الطين الرملى تحول الى جرانيت) . ومن دراسة مناطق انتشار الجرانيت فى الاورال يستطيع الجيوفيزياثيون ، أن يعينوا عرض وسمك هذا الجاربوليت .

---

* باتوليت : كتل كبيرة من الصخور المجماتية ليس لها شكل منتظم ، غالبا ما تكون جرانيتية التركيب ، تكونت فى اعماق القشرة الارضية. يعتقد ان هذه الكتل ليس لها قاع وتمتد الى عمق كبير جدا.

ان الباحث كوزنتسوف المرشح فى العلوم الجيولوجية قدر أن سمك الجاربوليت الجرانيتى فى مناطق جنوب ووسط الاورال يتراوح بين ٥ر١ – ٢ كم ، وتحت هذا الجرانيت توجد كذلك طبقات رسوبية . ان هذه التقديرات تخالف الرأى السائد الذى يقول انه فى كل مكان على الارض يجب أن توجد اولا طبقة رسوبية ثم بعد ذلك طبقة جرانيتية تليها طبقة البازلت . وثمة شيء آخر بالمرة: اولا طبقة رسوبية ، تليها جرانيتية ، ثم بعد ذلك مرة اخرى طبقة رسوبية . ويبدو انه يتحتم علينا اجراء بعض التصحيحات والتعديلات على الصورة العامة لتركيب القشرة الارضية . واذا كان الامر كذلك فيجدر بنا أن نأخذ فى الاعتبار احدى الظواهر المثيرة . فكلما زاد العمق الذى نصل اليه فى بئر الحفر ، كلما قلت الصخور المتحولة التى نصادفها هناك . وهذا يعنى انه من المحتمل أن توجد صخور رسوبية غير متحولة مصحوبة برواسب معدنية تحت الجاربوليت الجرانيتى . ان معظم الصخور الرسوبية تحتوى على زيت البترول ورواسب الفحم . وهكذا فاننا نبحث عن بترول للصناعات الموجودة فى الاورال في حدود منطقة « باكو الثانية » أو فى شرق

الاورال – غربي سيبيريا . ومن المحتمل أن توجد فى الاورال نفسها ، بالقرب من مدن نيجنى تاجيل وسفردلوفسك ومجنيتوجورسك ، واورسك . وفى المناطق الصناعية الضخمة الاخرى الموجودة فى الاورال ، حقول كبيرة لزيت البترول . ولو وجدنا هذه الحقول ، فان الاورال سوف تكتفى اكتفاء ذاتيا بالبترول او برواسب الفحم التى تحتاج اليها صناعتها .

وكما هو معلوم فان الفحم اللازم للصناعة فى الاورال ينقل اليها من كاراجاندا وكوزباس . ويجرى العمل الآن لمد خط حديدى على طول الجانب الشرقى من جبال الاورال الى الشمال ، حتى يمكن نقل الفحم من حوض سوسيفا الشمالى وفوركوتا ، من الجانب الغربى من جبال الاورال الشمالية ، الى المراكز الصناعية الكبرى فى الاورال . ان هذا الطريق طويل ويحتاج الى تكاليف باهظة . فى حين من المحتمل أن يكون الفحم موجودا تحت الاورال نفسها .

لو كانت هناك اية دلائل تشير الى وجود البترول فى الاعماق بعد عمليات الحفر العميقة هذه ، فان هذا سيكون ثورة حقيقية لتقديرنا فى احتياطى رواسب الوقود

المختلفة فى الاورال . ومن الطبيعى أن بئرا واحدة لن تستطيع حل كل هذه المشكلات الصناعية ، لكنها تستطيع أن تضع امام العلم والبحاثة مشكلات هامة ، وبالتالى تكون احد المصادر التى تعوض عن المصاريف الباهظة لعمليات الحفر العميقة .

واليكم مشكلة اخرى مهمة للغاية . لو جرى حفر البئر بالقرب من مدينة تاجيل ، فانها سوف تخترق طبقة كونراد ، التى تفصل طبقة الجرانيت عن طبقة البازلت ، التى تقع فى هذا المكان بالقرب من سطح الارض .

ومن الخطأ جدا ، أن نعتبر أن بريمة الحفر سوف تجد تحت طبقة كونراد طبقة البازلت فقط . واذا كان الاعتقاد بوجود سلسلة جبال بيارميا هو الصحيح ، فان ثمة مهمة تقع على عاتق الجيولوجيين والجيوفيزيائيين ، هى مهمة تفسير نشأة تلك الصخور التى تتشابه خواصها الجيوفيزيائية مع البازلت. ان هذه الصخور ، قد يكتشف فيما بعد ، انها مجرد صخور رسوبية عادية جدا تراصت وازدادت كثافتها بفضل العمليات المتعددة التى تعرضت لها فى مراحل تكون الجبال. ويمكن أن نفترض أن صخور سلسلة جبال بيارميا قد تعرضت لمرحلتين على الاقل ،

من مراحل تكون الجبال القديمة وبعدها اصبحت هذه الصخور اكثر صلابة وكثافة وباتت تشبه البازلت (على الاقل كثافتها تساوى كثافة البازلت) .

لكن ، ماذا لو وجدنا فى تلك الاعماق ، فقط صخوراً تتكون من مواد منصهرة . ولو كان المجماتيون على حق ، عندئذ يمكن أن نلاحظ هنا ظاهرة خاصة متكررة . من المحتمل اننا سنكتشف آثارا ستكون الدليل الى شرح قوانين توزيع رواسب الحديد والنحاس فى اجزاء سلسلة جبال بيارميا ، وكذلك خامات للعناصر النادرة المختلفة . كما توجد اسس قوية لان نعتبر انه سوف تكون هناك مستودعات احتياطية كبيرة للرواسب المعدنية المعروفة الان فى الاورال . وهكذا فان اعترافات ذلك الجنى الاخضر التى ادلى بها عن غير رغبة قد حملت العلماء على التفكير لحل تلك المشاكل .

ولم ينته النقاش بعد حول انسب الاماكن لحفر تلك البئر . اذ يقترح العلماء اماكن كثيرة . ان كل واحد منهم يريد أن يختبر فرضه الخاص . ليكن واضحا فقط شيء واحد : يجب أن تحفر البئر فى المكان الذى يعطى اكبر فائدة ممكنة . انه كلما زادت تلك المشاكل التى

تُحل عن طريق تلك البئر ، كلما كان هذا افضل .
ولكن الا ترون أن حل جميع المشاكل لا يمكن أن يتم عن طريق حفر بئر واحدة ؟

جرانيت شبه جزيرة كولسكى يتكلم

العينة الحجرية الثانية اهداها لى فى سنوات الحرب احد الطلبة ، الشاعر زانادفوروف ، الذى استشهد بعد ذلك . بعد أن انهى دراسته فى معهد تكنيك الابحاث الجيولوجية ، قام بزيارة مناطق كثيرة فى الاتحاد السوفييتى ، ومن ضمن هذه المناطق التى زارها شبه جزيرة كولسكى . وما لبث أن التحق بكلية الجيولوجيا فى جامعة بيرم الحكومية .

ذات يوم جلست اتحدث مع زانادفوروف . لقد قص علىّ الكثير عن رحلاته فى شبه جزيرة كولسكى والمناطق الاخرى المختلفة ، كما قرأ على بعض الشعر الذى نظمه .

وقبل أن يرحل زانادفوروف من ادغال مورمانسك الى ميدان القتال ، أحضر معه عينة من الجرانيت عادية

جدا . فقد اعطانى قطعة صخرية صغيرة لونها أحمر كلون اللحم وكانت تحتوى على بلورات من الفلسبار ذات بريق ضعيف ، وعلى كميات ضئيلة من شوائب الميكا السوداء والكوارتز . وحتى الآن فان هذه العينة ترقد بين احجار وصخور مجموعتى الخاصة ، تذكرنى بزانادفوروف وتحكى لى التاريخ المعقد جدا لنشأتها .

فى الملحمة الكاريلية « كاليفالا » توجد اسطورة مثيرة ، تصف عملية خلق الارض والسماء . ويحكى فى تلك الاسطورة ، انه عندما كان العالم فراغا ليس فيه شىء ، جاءت بطة وباضت سبع بيضات : البيضات الست ذهبية . اما السابعة فمن الحديد . وقد حملت هذه البطة البيض الى البحر ، على ركبة الآلهة ام البحار التى القت البيض فى الماء ولكن البيض سقط على طين البحر ولم يفسد ،

من البيض ، من الاجزاء السفلى
خرجت الام الارض رطبة مبتلة
من البيض ، من الاجزاء العليا
اقيمت قبة السماء العالية
من الصفار ، من الاجزاء العليا

ظهرت الشمس المضيئة
من البياض ، من الاجزاء العليا
ظهر الهلال المنير
من البيض ، من الاجزاء الملونة
ظهرت النجوم فى السماء
ومن البيض ، من الاجزاء الداكنة
ظهر الغمام فى الفضاء .

لكن ، الجرانيت يحكى لنا قصة اخرى عن نشأته .

هكذا يترجم المجماتيون ، القصة التى يحكيها الجرانيت . لقد نشأ الجرانيت ، وكثير من الصخور الاخرى الموجودة فى شبه جزيرة كولسكى ، من كتل صخرية مصهورة ـ ماجما ، تدفقت من تحت القشرة الارضية . ان هذه الصدوع ، التى تدفقت الماجما من خلالها ، كانت كثيرة جدا . لقد حدثت هذه الصدوع والفلوق فى أزمنة مختلفة . وقد قال الاكاديمى فيرسمان الذى يدرس صخور ادغال لوفوزيرو ، أنها تدفقت الى القشرة الارضية من خلال الصدوع التى تحتل مكانها الآن بحيرتا اومبا ولوفوزيرو .

لقد اعتبر هذا الاعتقاد صحيحا مدة طويلة . ان الصخور التى قام فيرسمان بدراستها فى جبال هيبين ترتبط ارتباطا وثيقا بوجود الرواسب المعدنية المختلفة ، وخصوصا رواسب معدن الاباتيت التى لها قيمة كبيرة كمصدر للمخصبات السوبرفوسفاتية التى تستغل فى الزراعة . وقد اكتشفت الى جانب الاباتيت هنا ، رواسب معدنية اخرى كثيرة .

ان اصحاب نظرية التحول ـ النبتونية يرسمون صورة اخرى . ان أقدم انواع الصخور التى اكتشفت هنا ، تكونت منذ ما لا يقل عن ٣٥٠٠ مليون سنة . ومن بعض الشواهد الموجودة أنها تنتمى الى الصخور الرسوبية . ولكن بعد تكوينها بمدة زمنية معينة حدث ان تحولت هذه الصخور الى درجة الجرانيت . وفى واجهات العرض بمتحف كولسكى التابع لاكاديمية العلوم السوفييتية ، ثمة عينات صفائحية (تتكون من معادن صفائحية رقيقة) من الجرانيت ـ الجنيس والكوارتزيت مع وجود اثار تموجية (ripples) وشواهد اخرى تؤكد وتدعم الاصل الرسوبى للكثير من صخور شبه جزيرة كولسكى ، التى كان من المعتقد قبل ذلك انها صخور مجماتية .

وبين تلك الصخور الاكثر حداثة ، حيث وجد الاكاديمى فيرنسمان رواسب الاباتيت ، اكتشف مناطق تحتوى على نباتات كانت موجودة بادغال لوفوزيرو فى شبه جزيرة كولسكى منذ حوالى ٢٥٠ مليون سنة . ويعتبر المجماتيون أن هذه النباتات وهذه الصخور كانت موجودة على أطراف احد مستودعات الماجما. اما اصحاب النظرية النبتونية الحديثة ، التحول فيقولون ان هذه الصخور التى تحتوى على آثار نباتية تعتبر مناطق صخور اصلية لم يحدث فيها أى تغيير .

ترى ، من منهم على حق ؟ ومن المحتمل أن تكون قد حدثت هنا فعلا تصدعات وفلوق فى القشرة الارضية ، تدفقت من خلالها الماجما .

وبناء على ذلك فان البئر المتوقع حفرها فى منطقة التصدعات سوف تمر خلال صخور اغلبها مركبات متجانسة ، تكون طبقة القشرة الارضية في تلك المنطقة .

وهناك من يعتقد باننا سوف نجد فى منطقة طبقة الستار الارضى ، صخورا اصلية قديمة جدا ، يبلغ عمرها ٥٠٠٠ ـــ ٦٠٠٠ مليون سنة ، وليس ٣٥٠٠ مليون سنة .

واذا كان اصحاب نظرية التحول على حق ، فان الصخور التي تحتوى على رواسب الآباتيت توجد فوق صخور غير متحولة على الاطلاق . ومن المحتمل أن تكون تحتها رواسب العصر الكامبرى كما هو الحال في قرية ماركوفو على نهر لينا . في هذه الحالة فاننا سوف نجد تحت الطبقة التي تحتوى على رواسب الاباتيت حقولا بترولية .

لقد اعتبر هذا الافتراض ، لفترة طويلة غير محتمل او إحتمال صحته كان ضعيفاً .

وفي شهر ديسمبر (كانون الاول) سنة ١٩٥١ سمع رئيس فرقة التعدين التي كانت تعمل في ذلك الوقت بمناجم خام الاباتيت ، ضوضاء وصفيرا منطلقين من تحت الارض . اقترب من رئيس الفرقة اثنان من العمال وبادر احدهما الى القول : « هذا غاز من تحت الارض . لنحاول أن نشعله » . وفي لمح البصر حدث انفجار . لقد انفجر الغاز . وقد لحق برئيس الفرقة والعمال بعض الاذى ، من جراء الحريق الذى شب هناك .

مر هذا الحدث ، وأصبح في طى النسيان . ولكن ، عندما تكررت هذه الواقعة مرة اخرى عام ١٩٥٤ ، بدأ

الباحثون فى أكاديمية العلوم السوفييتية (فرع كولسكى) يهتمون به وبدراسته .

خلال عام ١٩٦٣ استطاع الباحث بيترسيليه ، أن يكتشف أن طبقات الصخور المجماتية فى هيبين تحتوى على كميات من بقايا البترول ، الصلبة والسائلة (الاسفلت) فى اماكن متفرقة ، الى جانب وجود الغازات البترولية . ان كميات البقايا البترولية الموجودة هناك ، تعادل تلك التى توجد فى أى حقل كبير من حقول البترول . والفرق الوحيد بينها يتلخص فى أن الغازات والبترول فى حقول البترول العادية ، التى توجد فى صخور رسوبية ، تكمن فى مسام هذه الصخور أما هنا ، فانها ، أى الغازات والبترول تتجمع وتتركز فى البلورات نفسها . وقد اتضح أن المعادن التى يدخل فى تركيبها الالومينوم بالذات تحتوى على كميات كبيرة من الغاز والبترول . ولقد قدر خبراء البترول ، أن الكيلوجرام الواحد من هذه الصخور ، يحتوى على اكثر من ٢٣٠ سنتيمترا مكعبا من الغاز . فكم تبلغ كمية الغاز التى توجد فى طن او مليون طن او فى مليار طن من الصخور ؟

فى مختبرات خاصة ، بفرع اكاديمية العلوم بكولسكى ، جرى الحصول على هذه الغازات البترولية ،

بطرق صناعية فى درجات حرارة بلغت ١٢٠٠ درجة مئوية . ان هذه النتيجة كأنها تؤكد ارتباط الغازات البترولية بالصخور المجماتية .

ومن جديد بدأ النقاش . ان مؤيدى الفروض المجماتية لتكون زيت البترول هللوا وفرحوا . اخيرا لقد وجدوا فى الصخور المجماتية غازات وبترول . وهذا يعنى انه يمكن تغيير اقتصاد شبه جزيرة كولسكى تغييرا جذريا ، ذلك أن اقتصاد شبه جزيرة كولسكى كانت تنقصه الطاقة اللازمة دائما . ويبدو انه قد اصبح الآن عند المتحمسين فى المنطقة القطبية بترولهم وغازاتهم الخاصة بهم . اذن لا بد من الحفر !

ان شبه جزيرة كولسكى تحتاج الى آبار عميقة وعميقة جدا . وطبعا ، لا بد من حفر احدى هذه الآبار فى اطراف مدينة كيروفسك ، فى جبال هيبين . يقول خبراء البترول : الغاز زفير البترول . وماذا لو اننا وجدنا فى ضواحى مدينة كيروفسك تلك الصخور التى يمكن أن « نمتص » منها الغازات وزيت البترول ؟

لكن لم ينته النقاش بعد . يؤكد المعارضون والمتشككون ، انه لا يمكن بأى حال من الاحوال ، أن

نجد في شبه جزيرة كولسكى صخورا يمكن استخراج البترول منها. انهم يقترحون حفر احدى الآبار فى المناطق الواقعة على اطراف شمال غربى الاتحاد السوفييتى — عند مناجم بتشنجا للنحاس والنيكل .

هناك ، كما يقول الجيولوجيون ، تقع طبقة البازلت بالقرب من سطح الارض . وقد توجد علاقة بين طبقة البازلت وبين رواسب معدنية كثيرة .. من منهم على حق ؟ خبراء البترول أم خبراء التعدين ؟ وجهة نظر من منهم ، هى التى ستتغلب ؟ ألا يحتمل أن نكون فى حاجة الى حفر عدة آبار ، وليس بئرا واحدة فى شبه جزيرة كولسكى ؟

قصة الحجر الثالث والحجر الرابع

اما الحجران الثالث والرابع ، فانهما يرقدان بجوار بعض فى مجموعتى . احد هذين الحجرين أبيض والآخر أسود .

الحجر الابيض غير شفاف موضوع فى علبة زجاجية ، حيث لا يتعرض لتأثير رطوبة الجو. ان الملح

الصخرى هذا ، قد أحضروه لى من ضواحى مدينة جوريف بمنخفضات بحر قزوين ، عند مصبات كل من نهرى اورال وايمبا .

اما الحجر الاسود فقد انتقيته بنفسى خلال احدى الزيارات لحقول البترول فى باكو . وكان يوجد فى مكان غير بعيد عن معبد عبدة النار فى سوراخان .

ان هذين الحجرين ، مرتبطان بزيت البترول . ان عينة الملح الصخرى قد وجدوها بالقرب من احد حقول البترول . والحجر الاسود ايضا ، انتقيته بنفسى من احد حقول البترول . ان هذه العينة يطلق عليها اسم « كير » وهى عبارة عن خليط من البترول والطين الجاف .

وعندما تقوم بفحص قطعة الملح الصخرى ، وقطعة الكير هذه ، بعناية ، يمكنك أن ترى فيهما آثار الماضى ، التى تقص كيف جرت احداث هذا الماضى .

فى البحيرات المالحة الحديثة كالتون وبسكونتشاك ، وفى ايام الطقس الهادئ ، يمكن احيانا رؤية قوارب هرمية ذات شكل خاص ، متبلورة من مكعبات صغيرة من الملح الصخرى . وعندما تكون امواج البحيرة غير عالية فان هذه القوارب الهرمية تمتلئ بالماء ثم تغرق . من هذه

القوارب الهرمية فى القاع تتكون طبقات الملح الصخرى.
فى عينة الملح الصخرى الموجودة بحوزتى ، التى اخذتها من احدى طبقات الملح ، البادية على سطح الارض والآتية من اعماق كبيرة ، ترى بوضوح رسوما مختلفة من هذه الاهرامات ، التى تشهد على الاصل الرسوبى لطبقات الملح .

لقد كانت رواسب الملح المتكونة هنا ، فى اول الامر ، مغطاة بطبقة من الصخور الرسوبية يبلغ سمكها اكثر من سبعة آلاف متر . وكان على طبقة الملح أن تبحث عن مناطق المقاومة الاصغر حتى تستطيع أن تنفذ خلالها — لا الى اسفل ولا فى اتجاه افقى بل لكى تبرز الى اعلى . وقد كانت الوان طبقات الملح التى انتشرت وامتدت الى السطح جميلة جدا . فى مناجم سوليكامسك مثلا يمكن رؤية المراحل الاولى لعملية انتشار وامتداد طبقات الملح ، عندما تأخذ شكل منحنى كبير غريب ، يذكرنا بشكل الامواج المتصلبة .

وهنا فى منخفضات بحر قزوين ، كان على طبقات الملح الصخرى ، لكى تستطيع أن تظهر على سطح الارض ، أن تخترق ، وفى بعض المناطق أن ترفع ،

19—3019

طبقات رسوبية ذات سمك كبير . ان هذه الاعمدة الملحية - قضبان الملح - يبلغ قطرها فى بعض الاحيان ٥ ر١ او ٢ كيلومتر او اكثر . ان شكلها يشبه قطرة السائل التى تتجه نهايتها المنفرجة الى اعلى . ان طبقات الصخور التى يخترقها الملح الصخرى ، او يمتد خلالها ، كثيرا ما تكون مناطق تجمع زيت البترول .

وفى العراق ، توجد بعض قضبان الملح التى تستمر فى الصعود الى أعلى حتى الآن . ويبدو منظر هذه القضبان من الطائرة كما لو كانت كتلا جليدية متفرقة على سطح الارض . ان هذه الكتل ليست الا كتل الملح الابيض التى تخترق سطح الارض .

ما هى الخواص المشتركة الاخرى للحجر الابيض والحجر الاسود ؟

طريق وصولها الينا ، من اعماق الارض ، الحجر الاسود ؛ البترول المتكثف ايضا ، انتزع من اعماق الارض ، لكن لم ينتزع من كتل الملح ، بل من الطين .

فى اطراف شبه جزيرة ابشيرون توجد كثير من براكين الطين . احد هذه البراكين ، لوك - باتان ، يقع فى اطراف مدينة باكو ، على حدودها .

وقد كان الاكاديمى جوبكن اول من اثبت اهمية البراكين الطينية من الوجهة الصناعية . لقد اقترح الحفر حول اطراف هذه الرواسب ، وأحدثت اول بئر حفرت فى لوك ــ باتان ، نافورة عظيمة من البترول .

كما تختفى مجموعة ضخمة من البراكين الطينية فى بحر قزوين .

وكانت من اكبر الثورات للبراكين الطينية ، تلك التى حدثت فى ٤ دسمبر (كانون الاول) سنة ١٩٥٠ ، فى تلك المنطقة التى تسمى منطقة كومان . فى الليل انطلق من قاع البحر لهب الغازات البترولية . لقد ارتفع اللهب الى حوالى ١٠٠ متر . وكان من الممكن ، رؤية ضوء اللهب فى مدينة باكو نفسها . ثم بدأ البركان الجبار يلقى حممه الطينية مع البترول المتدفق . لقد كانت كميات الطين التى قذفها البركان عظيمة حتى انها قد كونت جزيرة يبلغ طولها حوالى كيلومتر واحد وعرضها اكثر من ٥٠٠ متر ، ويبلغ ارتفاعها عن سطح الماء حوال ستة امتار . لكن لم تستطع هذه الجزيرة الصمود طويلا امام امواج البحر : لقد تحطمت وتبعثرت ولم يبق منها أى اثر بعد اول عاصفة .

وتجرى الآن عمليات الحفر فى جميع مناطق البراكين الطينية ، اذ يوجد هناك الكثير من حقول البترول .

وهكذا ، قد يحدث أن يكون الابيض والاسود من أقرب الاقرباء . كل ما فى الامر ، أن الطين الذى اندفع من البركان لم يكن عمودا عريضا ضخما كما هو الحال فى طبقات الملح الصاعدة ، بل اندفع فى مجرى ضيق . فى سورخانى انطلقت الى السطح غازات بترولية مع سيل الطين المتدفق . ومنذ اكثر من مئة عام ، كان يوجد في هذا المكان معبد لعبدة النار . لقد قام كهنة معبد الاله اورموزد بتوصيل المعبد (مثلث يقام على واجهة المعبد فى الفن المعمارى اليونانى) بأنابيب كانت تندفع خلالها الغازات البترولية . ولقد اشتعل الغاز ولم يخبو ابدا ، وكم كان عبدة النار يخشعون وينظرون اليها باحترام كامل .

بعد ذلك ، عندما تأكد أن نافورة الغاز المشتعل هذه ، مرتبطة ارتباطا وثيقا بالبترول ، طلب من هؤلاء الناس ، عبدة النار ، أن يتركوا هذا المعبد . وفي هذا المكان حفرت بئر من اول آبار البترول التى حفرت ،

وقد استمرت الصناعة في سوراخاني عشرات السنين قبل ثورة اكتوبر سنة ١٩١٧ ، تحصل على ملايين الاطنان من زيت البترول . لقد اعتبرت حقول البترول في سوراخاني من اعظم حقول البترول في العالم في ذلك الوقت .

وهنا يكمن السبب في اختيار آبار الحفر العميقة ، في تلك المناطق التي وجد فيها الحجر الابيض والحجر الاسود فاذا كان يوجد زيت بترول في اعماق تتراوح ما بين ٣ ــ ٥ كيلومترات ، لماذا اذن ، لا نجد بترولا في اعماق ١٥ أو ١٨ كيلومترا ؟ ربما اخيرا نجد هنا الجواب المبدئي من اجل عمليات حفر آبار البترول في المستقبل . ربما يكون البترول ذو الاصل العضوى ، لا يمثل الا نسبة ضئيلة جدا من احتياطي بترول العالم ، الذى لم يمسه احد حتى الآن .

لكن ، حتى لو لم نجد بترولا في تلك الاعماق ، فسيقول الجيولوجيون « ان النتائج السلبية هى في حد ذاتها ايجابية » . ان هذا يعنى اننا لن نحفر بعد ذلك آبارا على هذا العمق ، وبهذا يمكننا أن نوفر كميات هائلة من النقود .

ان القوقاز منذ زمن بعيد ، يشتهر بوجود كميات

كبيرة من الرواسب المعدنية المختلفة فيه ، هذا الى جانب وجود زيت البترول .

وما زالت تتردد الاسطورة التى تحكى ، كيف أن الامير الاوسيتى * اوس — باجاتار حاول أن يطلب يد ابنة قيصر جيورجيا تمارا . وكما كانت العادة ، لا بد من دفع مهر من اجل الحصول على الموافقة بالخطوبة ، فقد اقترح الامير اوس — باجاتار ، الذى كان يعيش بالقرب من الطريق الاستراتيجية فى أوسيتيا ، أن يدفع مهرا كمية من الفضة تعادل ما يستطيع حمار أن يحمله . وهذه القيمة تعتبر كبيرة جدا فى ذلك الوقت . لقد امكن استخراج هذا المعدن الثمين فى منطقة سادون الحديثة فقط ، التى توجد فيها مناجم النحاس والزنك . وقد توقف استخراج هذا المعدن الثمين بعد موت اوس — باجاتار . لكن لم يتوقف استخراجه ، لعدم وجود خطيبة يمكن شراؤها ، اذ من المحتمل أن تكون الفضة التى تركزت فى ذلك المكان قد نفذت . وهذا لا يعنى انه لا توجد فى مناطق اخرى ، رواسب جديدة ، وقد تكون هذه الرواسب

---

* نسبة الى اوسيتيا وهى قومية تسكن وسط القوقاز بالاتحاد السوفييتى.

أغنى بكثير ، حيث توجد تلك الكمية من الفضة التى لا يستطيع الف حمار أن يحملها وليس حمارا واحدا .

ان البئر العميقة التى عليها أن توضح النظام المحتمل ، لتوزيع رواسب الخامات المعدنية المختلفة وارتباطها بالصخور المجماتية ، يجب أن تحفر فى تلك المناطق التى قد توجد طبقة البازلت بالقرب من سطح الارض . والمكان ، الذى يمكن أن يكون مناسبا لحفر هذه البئر معروف . هناك يوجد نهر أراكس ، الذى يفصل بين سهل ميلسكى وسهل موجانسكى * ، حوالى ١٠٠ ــ ١٥٠ كيلومترا من منطقة مصب نهر اراكس فى نهر كورا ، توجد منطقة صغيرة تسمى كارادونلى . هنا ، فى هذا المكان تكون تلك الطبقة التى يسميها الجيولوجيون طبقة البازلت ، اقرب ما يمكن من سطح الارض ، منها فى أية منطقة اخرى فى القوقاز . هل هذا فى الواقع ، بازلت أم انه يشبه ذلك الذى نفترضه فى الاورال ؟ حتى الآن ، لا نستطيع معرفة ذلك ، كل ما نستطيع عمله هو اقتراح فروض مختلفة . ان اختيار

* سهول موجودة فى جمهورية أذربيجان السوفييتية .

هذا المكان لحفر البئر العميقة ، سوف يسمح بمدها بالمياه ، التى دائما ما تكون لازمة اثناء عملية الحفر . يمكن توصيل الطاقة الكهربائية الى تلك المنطقة بكل سهولة ولهذافان منطقة كارادونلى تحوز على جميع المميزات التى تؤهلها لتكون مكان حفر تلك البئر العميقة .

ان الفوائد كثيرة . ماذا سيقع عليه الاختيار ـ البترول ام الخامات المعدنية ـ وهذا ، حتى الآن ، لا يعلمه الا المستقبل ، المستقبل القريب .

وهذا عن الحجر الخامس

ان هذا الحجر ، لا يوجد بعد فى مجموعة الصخور التى فى حوزتى ، لكننى اعلم كيف يجب أن يكون شكله .

وهاكم خواصه : لونه رمادى ، رمادى غامق او أسود . يجب أن يكون ملمسه خشنا غير مستو . واذا وضعناه تحت عدسة مكبرة قوية ، يمكن أن نرى حبيبات من الاوليفين منتشرة فيه ـ الاوليفين هو معدن ذو لون اخضر زجاجى ـ تحت الميكروسكوب يمكن أن نرى

بوضوح أن تلك البلورات الصغيرة جدا التى تدخل فى تكوين هذا الصخر ، توجد فى حالة كاملة من عدم التنظيم والترتيب . هذا هو البازلت ، نفس البازلت الذى يدخل في تركيب الطبقة البازلتية فى القشرة الارضية .

طبعا ، الحصول على هذه العينة ليس شيئا ذا بال ، اذ توجد عينات مماثلة فى أى متحف وفى اية مؤسسة جيولوجية . لكن ما احتاج اليه ، ليس مجرد بازلت ، بل ذلك البازلت الذى سوف يستخرج من البئر العميقة فى كوريلسكى .

فى مجموعة صخورى الخاصة ، توجد عدة عينات من البازلت ، جمعت من مناطق مختلفة من الاتحاد السوفييتى : من المناطق الواقعة على الشاطئ الغربى لنهر ينيسى ، ومن آبار كثيرة حفرت فى مناطق مختلفة فى المنطقة الاوربية من الاتحاد السوفييتى ، وايضا من الاورال . كل عينة منها متميزة ، لكل عينة منها وجهها الخاص بها ، لكل عينة منها خواصها ومصيرها الخاص .

وتثير بعض الصخور التى أخذت من الاورال ، والتي يشبه مظهرها الخارجى ، صخور البازلت الى حد

كبير اهتماما خاصا . وتحت الفحص الميكروسكوبى ، تكتشف فى هذه الصخور ، خواص معينة داخلية . اذ يمكن بسهولة أن نرى فيها آثار رواسب عضوية دقيقة . أيمكن أن يوجد هذا ، فى صخور البازلت التى تبلغ درجة انصهارها اكثر من ١٠٠٠ درجة مئوية ؟

ان أى اثار للحياة ، لو وجدت فى أى صخر عند درجة الحرارة العالية هذه ، لكانت قد أختفت كلية . ان عملية انصهار الصخور قد تُغير خواص هذه الاثار تغييرا كاملا. وهنا تبدو تلك الاثار بكل وضوح، وقد اثبت علماء الكائنات الدقيقة القديمة (micropaleontology) ، هؤلاء الناس الذين يقومون بدراسة البقايا الميكروسكوبية للحياة فى العصور الجيولوجية القديمة ، اثبت هؤلاء العلماء ، وجود تلك الاثار فى ذلك الحجر .

وهنا تكون النظرية المجماتية لتكوين الصخور غير سارية المفعول . نحن نفهم بكل وضوح ، من رؤية هذه الصخور ، انها لم تتكون من الصهارة التى تقذفها البراكين المختلفة . هنا كانت تجرى عملية معقدة من العمليات الجيولوجية . اول هذه العمليات عملية اعادة تبلور

الصخور الرسوبية ، التى اعطت هذه الصخور مظهرا يشبه البازلت . ان هذا يعنى أن هذه الصخور قد تعرضت اثناء وجودها لعمليات تحويل معقدة ، جعلتها تشبه الصخور البركانية ، لكنها ظلت محتفظة بآثار حياتها السابقة .

ان تاريخ حياة هذه العينة من الصخور ، يمكن أن يوصف تقريبا بهذا الشكل : اولا ، ترسبت هذه الصخور فى قاع البحر ، وكانت عبارة عن مجرد طمى بحري عادي ، حيث ترسبت وتجمعت ايضا بقايا الكائنات الدقيقة الميتة ، التى كانت لها اصداف . لقد كانت اصداف المحار هذه، تتركب من الحجر الجيرى، مثلما كانت اصداف معظم الكائنات المشابهة فى ذلك الوقت . ثم بدأ ينضغط هذا الطمى ويتحول الى صخور طينية صلبة . بعد ذلك ، ونتيجة تأثير دورات المحاليل المختلفة ، بدأت تتكون فيها بلورات دقيقة صغيرة . ولا يمكن ان نهمل احتمال ان تكون هذه العملية قد تمت تحت تأثير قوة ضغط شديدة . فمن المحتمل ان تكون طبقة المياه التى يبلغ سمكها عدة كيلومترات ، وتحت تأثير ثقلها ، قد قامت بعملية الضغط على هذه الصخور ،

ومن المحتمل ان تكون هذه الصخور قد غطست وهوت الى اعماق القشرة الارضية ، لكن الحقيقة هي انه تحت تأثير ضغط ، وعند درجات حرارة مرتفعة بعض الشيء، وفي وجود محاليل مختلفة في الصخور ، بدأت البلورات الدقيقة التي تميز البازلت تتكون وتأخذ اوضاعا وتجمعات غير منتظمة .

حتى الآن يبدو غريبا ، كيف وقعنا في خطأ كبير ، عندما قمنا بدراسة مناطق الجانب الشرقي للاورال ، ونسبنا جميع صخور البازلت الى الصخور البركانية . ونحن نتحدث عن ان هذه المنطقة كانت في الماضي مسرحا لثورات بركانية عارمة ، إن هذا الاعتقاد مبني على اساس النتائج التي حصلنا عليها عن طريق المقارنة .

هذا يعني ان هذه الطريقة تخدعنا مرة اخرى ؟ ظاهريا ، نعم . اننا غالبا ما اعتمدنا على صحة هذه الطريقة ، لكن الابحاث التفصيلية ، كثيرا ما تجبرنا على اجراء بعض التعديلات في وجهات نظرنا الاولية . لهذا ، فانني انتظر بفارغ الصبر ، اليوم الذي تكتمل فيه مجموعتي الخاصة من الصخور وتحتوي على عينة من

صخور البازلت من جزيرة كوريلسكي . وبالطبع ، سوف ارسل هذه العينة للبحث الميكروسكوبى . سوف يكون من الطريف للغاية ، رؤية قطعة من بازلت قاع المحيط الهادئ . ولا يمكن ان نهمل احتمال ان يكون ذلك البازلت الذى سوف اضيفه الى مجموعتى ، يختلف اختلافا جوهريا ، فى خواصه الداخلية عن بازلت الاورال . ومن المحتمل ان يكون المجماتيون على حق فى بعض الحالات وفى حالات اخرى ، فان النبتونيين الجدد ـ التحوليين ، الذين يبرهنون ان بعض الصخور التى يشبه مظهرها الخارجى الصخور البركانية ، يمكن ان تنشأ من اصل غير بركانى ، يكونون على حق ايضا .

ومن المحتمل ان ينتهى النقاش حول البازلت الذى استمر اكثر من قرنين من الزمان بهذا الشكل . وسوف توجد خواص عامة لصخور البازلت ذات الاصل النارى ، وايضا لصخور البازلت التى لم تنشأ من الصخور البركانية .

ماذا يمكن ان تعطى بئر كوريلسكى ، ولو حاولنا مرة اخرى ان ننتقل الى محيط ذلك الخيال العلمى

الواقعى ؟ ما الذى يمكن ان يكتشف فى باطن الكرة الارضية تحت الطبقة البازلتية ؟

لو كان حقيقة ان صخور البازلت قد تكونت نتيجة تدفق الماجما من مستودعاتها الموجودة تحت سطح الارض ، فاننا يمكن ان نجد تحت القشرة الارضية اما مستودعات مجماتية متصلبة او مستودعات مصهورة نشيطة ، عندئذ سوف تكون لدى المجماتيين ، امكانية ان يعلنوا بكل فرح وثقة : « هاكم ، وتحت القشرة الارضية ايضا ، لا بد وان يكون مصهور صخور ملتهب » . لكن أسيكونون على حق ؟ يبدو لى ، لا .

ان بئرا واحدة مهما بلغ عمقها ، لن تستطيع بالطبع ان تحل تلك الاسئلة المعقدة التى ترتبط بالتعرف على التركيب الجيولوجى لمناطق باطن الارض .

ان اية نتائج نحصل عليها من بئر كوريلسكى العميقة ، لن تعطينا الحق فى تقرير ما الذى يمكن ان نجده فى اى مكان آخر تحت القشرة الارضية . ولم يكن هباء ان تقرر حفر خمس آبار فى خمس مناطق مختلفة من الاتحاد السوفييتى .

حاشية «ملكة الأعماق»

« ملكة الاعماق » اسم يطلقونه على زيت البترول . لان استخراجه يتطلب ان نحفر آبارا عميقة جدا . ونحن لا نستخرج اي راسب من الرواسب المعدنية من هذا العمق ، كما هو الحال مع زيت البترول . وطبيعى جدا ان كل من يعمل فى حقل اكتشاف او استخراج زيت البترول ، اطلق عليه اسما غير رسمى حاشية «ملكة الاعماق » . وقد جمع خبراء البترول بالذات خبرة عظيمة للتغلغل فى باطن الارض . تلك الخبرة التى لا يمكن ان نقدرها من اجل تنفيذ مشاريع آبار الحفر العميقة .

ان العمق الذى امكن التوصل اليه حتى الآن لم يتحقق من المحاولة الاولى ، واننى لاذكر بان الحديث قد دار فى المؤتمر الجيولوجى الدولى السابع عشر الذى عقد عام ١٩٣٧ ، عن النجاح الباهر الذى حققته الشركة الامريكية « جالف بروداكشن » — (Gulf Production) عندما حفرت بئرا بلغ عمقها ٣٠٠٠ متر . واذكر ان الرقم القياسى السابق لذلك كانت للبئر التى حفرتها

خلال الفترة الواقعة بين عامي ١٩٢٥ و١٩٢٧ شركة « روزينكراتس فيلد » في كاليفورنيا . اذ بلغ عمقها ٢٢٢٧ مترا . وقبل ذلك ، في نهاية القرن التاسع عشر ، كان العمق القياسي للابار يتراوح بين ٣٥٠ و ٤٠٠ متر وفي عام ١٩٥٨ حفرت شركة « فيليبس بتروليوم » في تكساس الغربية بئرا عمقها ٧٧٢٤ مترا وحتى الآن يظل هذا الرقم قياسيا ، بالرغم من انه قد بدأ حفر بئر سيبلغ عمقها ٨ كيلومترات في لويزيانا الجنوبية .

اننا لا نضع الاعلان هدفا لنا . ذلك ان كل الآبار العميقة التي حفرت للتنقيب عن النفط واستخراجه ، ذات اعماق تتراوح بين ٢٠٠٠ـ٣٠٠٠ـ٤٠٠٠ وحتى ٥٠٠٠ متر . ان عمق هذه الآبار يعتمد على طبيعة المنطقة التي يستخرج منها النفط ، فمثلا ، في بشكيريا وتاتاريا ليست هناك حاجة لحفر آبار اعمق من ١٥٠٠ ــ ٢٠٠٠ متر ، لان امتداد الصخور الرسوبية في هاتين المنطقتين ليس بأعمق من هذا الرقم . ولكن في الحقيقة ، ان امتداد الصخور الرسوبية هذه في بعض الاماكن المتاخمة للاورال من الغرب يزيد على هذا العمق . ففي احدى الآبار التي حفرت في ضواحي مدينة «كراسنوكامسك» على

عمق ٢٩٠٠ متر ، لوحظ امتداد الصخور الرسوبية الى هذا العمق ، ولكن لم يتم اكتشاف النفط هناك . وحسب ما تقول فروض جوبكن ، ليست هناك فائدة من الحفر الى اعماق ابعد من الاعماق المذكورة .

اما فى القوقاز ، فليس على اليابسة فى ضواحى مدينة باكو وحسب ، بل وفى نفس بحر قزوين ، فى ضواحى شبه جزيرة ابشيرون يتم حفر آبار ذات عمق ٥ كيلومترات . ذلك لان امتداد الصخور الرسوبية التى تحتوى على النفط يتعدى هذا العمق . ولهذا السبب ، فان هناك فائدة مباشرة من عمليات الحفر الى اعماق كبيرة فى هذه المنطقة .

ان اختيار اعماق الآبار لا يتم بطريقة عفوية . فقبل البدء بعملية الحفر للتنقيب عن البترول ولاستخراج كميات تجارية منه ، لا بد من عمل تحضيرى شاق يتلخص فى حفر الآبار التركيبية التجريبية (تلك الآبار التى تحفر الى اعماق معينة بحيث يمكن دراسة التركيب الجيولوجى لطبقات الارض المدروسة) . ويتم وضع مخطط لكل من هذه الآبار اعتمادا على مركب معقد من الدراسات الجيوفيزيائية التحضيرية .

وغالبا ما تستمر عمليات الحفر عدة سنوات ، حيث يتم انتشال كل ما تصادفه بريمات الحفر فى طريقها . وعملية الحفر هذه ، معقدة جدا وصعبة . فى البداية تركب بريمات الحفر ، وبعد ان تحفر عدة امتار يجب رفع عمود البريمات الى سطح الارض وفكها لاستخراج العينة الحفرية (وهى عبارة عن عمود من الصخر المتماسك الذى يتجمع في بريمات الحفر عند اختراقها طبقة معينة من الصخور) .

ان هذه العملية محتملة عندما يكون الحفر قريبا من سطح الارض ، ولكن من اجل دراسة اعماق الارض ، على ابعاد كبيرة (آلاف الامتار) فان الحفر بهذه الطريقة — تركيب البريمات ثم رفعها من الاعماق وفكها لاستخراج العينة الحفرية — يعتبر عملا جهنميا لصعوبته . ولكن بنفس الوقت ، لا بد منه لاستخراج العينة التى تستحق كل هذا الجهد .

ان كل ما ينتشل من الاعماق ، يكون معرضا لدراسة تفصيلية دقيقة ، حيث يقوم الجيولوجيون ذوو الاختصاصات المختلفة ، بدراسة هذه الصخور لكى

يعطوا ارشاداتهم وتقديراتهم للباحثين فى المستقبل ، عما سيصادفهم فى مختلف الاعماق ، عندما يبدأون بحفر آبار جديدة على بعد معين من الآبار التركيبية التجريبية هذه :

ولكن عملية البحث والدراسة لا تنتهى عند هذا الحد . فعندما يتم حفر البئر يقوم الجيوفيزيائيون بدراسة مختلف الخواص الفيزيائية للصخور التى تشمل دراسة الخواص المغنطيسية والكهربائية وقوة الجذب والنشاط الاشعاعى للصخور . ويمكن الاستفادة من هذه الدراسات فيما بعد ، لتفسير الاشارات التى تلتقط من الاعماق وفى مناطق اخرى تستخدم فيها نفس الطرق والوسائل التى استخدمت فى البئر التجريبية .

لقد تم حفر هذه الآبار التركيبية التجريبية فى الولايات المتحدة الامريكية فى منطقة واسعة بنظام شطرنجى ، حيث يبعد أحدها عن الآخر مسافة ٢٥ كيلومترا . اما فى الاتحاد السوفييتى فتوجد شبكة من هذه الآبار فى منطقة فولغا ــ الاورال النفطية ، وفى اماكن اخرى من الجزء الاوروبى للبلاد . وهناك عدد آخر من هذه الآبار فى سيبيريا الغربية ، حيث وجدت كميات

تجارية جديدة من النفط . وبالرغم من هذا كله ، فلا تزال هناك مناطق شاسعة محرومة من شبكة الآبار التركيبية التجريبية .

غالبا ما يكون الحفارون عرضة لمختلف المفاجئات . ففى عام ١٩٦٠ نشر فى احدى الجرائد ، وصف لحادثة تكاد تكون معهودة ، بل وعادية لدى الحفارين . كان الحفار غسانوف ومعاونه باباييف يستعدان لانتشال العينة الدورية من البئر التى كانت تحفر فى عرض البحر جنوب مدينة باكو لاستخراج كميات تجارية من النفط . وكان الحفاران يقدران بانه سيتم استخراج عمود صخرى طوله ٦ امتار .

وفجأة دوى هدير متقطع واخذ البحر يغلى من حولهما . رأى الحفاران عمودا كبيرا من الوحل انبثق من قاع البحر وارتفع الى اعلى لمسافة تعادل علو بيت ذى عشرة طوابق . كارثة ! لقد صادفت البئر ، فوهة بركان وحلى ، وكان الواجب يقتضى الاسراع بايقاف تدفق الوحل كيلا ينهار برج الآلة الحافرة . وبدون توان، أخذا يصبان محلولا طينيا كثيفا فى البئر . كانت الحسابات النظرية تشير الى ان هذا المحلول كفيل بايقاف تدفق

الوحل . ولكن ذلك لم يتم الا بعد مدة من الزمن ، استخدمت خلالها عدة وسائل جديدة للحيلولة دون استمرار تدفق تلك النافورة الضخمة من الغاز والوحل .

وفي النهاية امكن التغلب على البركان الوحلي ولكن لم يمنع الغاز الذي صاحب الوحل في تدفقه من ان يجد مخرجا له ، حيث اخذت نوافير الغاز تتدفق من قاع البحر. كانت آلة الحفر تهتز من اساسها ، ولكن الحفارين استطاعا ان يخرجا من هذا المأزق ، حيث كانا مزودين باجهزة تساعدهما في مثل هذه الحالات . وعندما استعاد كل شيء مجراه الطبيعي ، وتم الاحكام على مخارج الغاز، وجد العاملان انهما قد انفقا اكثر من ١٢ ساعة، للخروج من هذا المأزق .

اعيد واكرر ان هذا الحادث كان عاديا . فكثيرا ما يجد الحفارون انفسهم بحاجة لخوض معارك مع مثل هذه الحوادث الاكثر منها تعقيدا . ان « ملكة الاعماق » مدللة وتلجأ حاشيتها الى مختلف الحيل لارضائها .

ان هذا كله ، عبارة عن احاديث وقصص عن التكنيك الحديث وعن ظروف حفر الآبار . فماذا عن

المستقبل ، عندما سنحفر الآبار العميقة جدا ؟ هل سنكون فى هذه الحالة ايضا ، مجبرين على فك جميع بريمات الحفر وتركيبها ثانية كلما حفرنا عدة امتار ؟

كلا ، فلهذه الحالة ، حلول اخرى مقترحة . فى العشرينيات من قرننا هذا ، اخترع المهندس النابغة كابيليوشنيكوف جهازا يعرف باسم الحافر التوربينى (turbodrill) ويتلخص اختراعه هذا بان عمود بريمات الحفر ، الذى ينزل الى اعماق البئر ، لا يدور بنفسه ، ولكنه يستخدم لانزال كبسولة التوربين التى تدور بفعل الماء او المحلول الطينى الذى يضخ فى البئر . ان المحلول الطينى بجانب استخدامه كمحرك للكبسولة الحافرة ، يستعمل لطلاء جدران البئر لمنعها من الانهيار :

لقد تم فى الوقت الحاضر ، ادخال عدة تحسينات وزيادات على الحافر التوربينى المذكور . وظهر اخ جديد للحافر التوربينى يشبهه الى خد كبير ، من حيث طريقة العمل. لكنه يختلف عنه من حيث القوة المحركة. ان هذا الجهاز يسمى الحافر الكهربائى .

منذ فترة طويلة وحتى قبل ظهور جهاز كابيليوشنيكوف اكتشفت طريقة لحفر الآبار من غير استخراج الاعمدة

الصخرية حيث يتم تفتيت الصخور بواسطة ادوات دق خاصة . وبعد ذلك يتم رفعها خلال عمود البريمات الى سطح الارض بمساعدة الماء او المحلول الطينى . وبالرغم من ان هذه الطريقة تسهل عملية الحفر وتجعلها اسرع ، الا انه حتى الآن لم يتوصل الى حل كامل ، لمشكلة انزال ادوات الحفر ورفعها عندما سيتم حفر الآبار العميقة جدا . فمن المحتمل ان يتم فى المستقبل الاستغناء عن عمليات انزال ورفع الكبسولة الحافرة بواسطة عمود البريمات واستبدالها بأحبال فولاذية متينة وخفيفة الوزن ، حيث يلعب ثقل المواد على هذه الاعماق السحيقة دورا اساسيا فى الموضوع . وهنا تجدر الاشارة بانه ، فى هذه الايام ، يمكن حفر عدة مئات من الامتار بزيادة طول عمود البريمات وفى هذه الحالة لا حاجة لرفع البريمات الحافرة وانزالها مرارا عديدة .

ومن أهم المشاكل التى تشغل بال الحفارين ، مشكلة الادوات القاطعة . فعندما كان الالماس غير كاف فى الاتحاد السوفييتى ، استعملت انواع خاصة من سبائك الصلب لتسليح رؤوس الادوات الحافرة ، حيث تم استحضار عدة انواع من السبائك الطويلة الامد ،

ولكنها بالرغم من ذلك ، لم تحز على رضاء الحفارين .

ان احلام الانسانية بالحصول على آلة قاطعة تعمل الى الأبد مسطرة فى كثير من القصص والاساطير . ومن اكثر الاساطير طرافة ، تلك الاسطورة الاسكندنافية التى تروى قصة الرجال الاشداء المسماة « فولسونج » .

تقول الاسطورة ان الاله « اودين » يقدم هدية ، هى عبارة عن سيف صارم، فى مقدوره قص كل شيء يتعرض له بسهولة تامة ، لأشد الرجال بأسا . ظهر الاله « اودين » على القوم وغرز السيف فى شجرة من البلوط قائلا : « ان هذا السيف ، سيصبح ملكا للشخص القادر على انتزاعه من الشجرة » . وهنا تقدم الملك غاوتلاندا سيغير وحاول انتزاع السيف ، ولكن جهوده باءت بالفشل . ثم جاء دور البطل سيغموند الذى تمكن من انتزاع السيف بكل سهولة .

وعندما طلب الملك من سيغموند ان يبيعه السيف ، اجابه الاخير ساخرا : لقد كان بامكانك ان تحصل عليه بدون مقابل ، وبما اننى استطعت انتزاعه فهو ملك لى .

لكن الملك سيغير ضمر الضغينة للبطل سيغموند وذات مرة ، استطاع بخبثه وحيلته التغرير بالبطل سيغموند مع ولده بالتبني لزيارة مملكته . وعلى حين غرة ، هجم عليهما واسرهما ، ثم سلب السيف من سيغموند ودبر له جزاء شنيعا . فقد أمر بحفر حفرة ، وتقسيمها الى نصفين يفصل بينهما لوح سميك من صخر الجرانيت . وبعد أن جهزت الحفرة ، القوا سيغموند فى احد النصفين وولده سينفيوتلى فى النصف الآخر . ولكن شقيقة سيغموند ـ زوجة الملك سيغير ـ استطاعت فى اللحظة الاخيرة ان تعطى سينفيوتلى السيف السحرى ملفوفا بحزمة من الشعير . وهيل التراب والحجارة ، فطمرت الحفرة ونشأ فوقها تل كبير . وعندما انتهت عملية الدفن ، تحسس سينفيوتلى حزمة الشعير فوجد السيف بداخلها ، وعندها بادر بثقب لوح الجرانيت السميك الذى يفصله عن والده ، ثم استطاع الاثنان ان يخترقا التل العظيم ويخرجا من الحفرة . هذا ما جاء فى الاسطورة .

اننا ، حتى الآن ، لا نملك ادوات قاطعة تشابه سيف سيغموند بصلادته ومتانة صنعه . ان اصلد الاشياء المعروفة هو الالماس : ولكن الامريكان

استطاعوا فى الفترة الاخيرة ، استحضار ما يسمى بالبورازون الذى بامكانه قطع الالماس . ولكن هذا لم ينل رضاء الحفارين . ان جميع علماء العالم يعملون على اكتشاف سبائك عالية الصلادة ، وحتى الآن لا يوجد ما هو أصلب من الالماس والبورازون (نيتريد البورون) . ويبقى مجرد الافتراض بان مولدات الكم الضوئية ، التى كتب عنها تولستوى فى كتابه المعروف « مجسم القطع الزائد للمهندس غارين » ، ستسخر لخدمة الحفارين . يقول تولستوى فى كتابه بان المهندس غارين استطاع بواسطة المرآة ، ان يزكز الضوء على شكل شعاع دقيق جدا بامكانه ان يخترق ويقص كل ما يصادفه من المواد .

لقد استطاع العلماء تحقيق هذه الفكرة التى كتب عنها تولستوى . ولكن المرآة لم تستطع الايفاء بالمطلوب ، واستبدلت بمولد آخر ، لا يمكن مقارنته من حيث قوته بالمرآة .

وعلى اسس ميكانيكا الكم ، تم اختراع مولد باستطاعته تركيز الطاقة الضوئية وتحويلها الى شعاع باستطاعته قص وقطع جميع ما يصادفه من المواد . ففى

مقدوره ان يثقب لوحا من الصلب خلال فترة زمنية تبلغ ۰۰۱ر۰ من الثانية ، وان يقص الالماس ، او يرفع حرارة الصخور الى ۸۰۰۰ درجة مئوية اذا ما سلط عليها . لقد اطلقت اسماء « لازير » و « مازير » على هذه الاجهزة التي يجرى الآن ادخال التحسينات عليها . من يدرى ، فلعل هذه الاجهزة تصبح فى المستقبل القريب ادوات الحفر والقطع الرئيسية ، ولكن ، لغاية الآن لم يتم تصميم مثل هذه الحفارات .

يتطلب التكنيك ، الاجابة على المزيد من الاسئلة الجديدة . يتوقع العلماء باننا قد نكون بحاجة لاجراء عمليات الحفر تحت ظروف الضغط والحرارة العاليين وهذا يتطلب منا صنع اجهزة الحفر من امتن المعادن وأخفها . من يدرى ، قد يتم استبدال الادوات المعدنية بالبلاستيكية ، او بالمواد الصناعية الاخرى التى يعم انتشارها فى الصناعة يوما بعد يوم . ان من الصعوبة جدا التكهن بالمواد التى سيقع الاختيار عليها ، وكل ما نعرفه هو زيادة التعمق فى باطن الارض . وانطلاقا من ذلك تظهر عدة مشاكل وأسئلة : كيف سيتم مد اجهزة الحفر الواقعة فى الاعماق السحيقة بالطاقة الضرورية ؟

هل سيتم استخدام الحافر التوربيني ام الكهربائي لحفر الآبار العميقة جدا ؟ فحتى اختيار الاسلاك الكهربائية اللازمة يعتبر مشكلة ، اذ ان وزن السلك اللازم للوصول الى عمق ١٥ كيلومترا سيكون ثقيلا لدرجة احتمال انقطاعه .

من المتوقع كذلك ، ان الماء اللازم لتزويد الحفارة ، قد يتحول الى بخار ترتفع درجة حرارته الى ٤٠٠ ــ ٤٥٠ درجة مئوية . من هنا يبرز سؤال عن ضرورة ايجاد طريقة لتبريده . ان الماء حتى على تلك الاعماق التي لا تؤثر على تغيير طبيعته (تحويله الى بخار) ، قد يتلف صمامات المضخات . قد يقول البعض بانه سيتم اختيار مواد مناسبة لصنع مثل هذه الصمامات ، ولكن أليس من الافضل استبدال الماء بالهواء المضغوط ؟

هناك عدة مشاكل اخرى وأسئلة مطروحة على بساط البحث . ونحن بحاجة لايجاد الجواب على كثير من الاسئلة وحل العديد من المشاكل حتى يتم تصميم آلة حافرة تكون قادرة على اختراق طبقة الستار الارضي .

كيف سيتم استخراج الصخور من هذه الاعماق ؟ على الارجح انه يتم اعادة النظر بظروف ونظم الحفر من جديد . وفى اعتقادى انه فى هذه الحالة سيراعى اختيار تلك الآلات القادرة على اعطاء نتائج جديدة من غير انتشال العينات الحفرية والمحاليل الى سطح الارض . اما فيما يخص استخراج العينات فقد يتم من اعماق معينة فقط لمراقبة عملية الحفر واخذ فكرة عن طبيعة الصخور المحفورة . فمثلا قد يتم حفر ٥ كيلومترات بشكل متواصل ثم استخراج عينة حفرية يليها حفر متواصل لعمق ٣ او ٤ كيلومترات اخرى . اما تلك المسافة التى تحفر بدون استئصال عينات منها فستتم دراستها بواسطة مختلف الاجهزة الجيوفيزيائية .

وحتى هذه الاجهزة الجيوفيزيائية تحتاج ايضا الى ادخال بعض التغييرات عليها ، اذ يجب تغليفها « بثياب » قادرة على حمايتها من تأثير الضغط والحرارة العاليين . وفى الوقت الحاضر يجرى اعداد مثل هذه الاجهزة ، وهذا يبشر بان ذلك اليوم ، الذى سيبدأ فيه حفر الآبار العميقة جدا قد اصبح غير بعيد . لقد كتبت الجرائد عن البدء باعداد آلات حفر ، قادرة على الغور فى باطن

الارض حتى عمق ١٠ كيلومترات ، وبان البئر التجريبية الاولى سيجرى حفرها فى منطقة منخفضات بحر قزوين . وكثير من القضايا التى تطرقنا اليها قد اخذت بعين الاعتبار اثناء تصميم جهاز الحفر هذا .

طبقة الستار الارضى الصناعية (mantle)

هل ينظر الكثير من ركاب مترو موسكو الى بنيان محطاته الرائعة بانتباه ؟ ان ما يسترعى انتباه الناس عادة ، هو جمال الجدران وروعة الفن المعمارى بشكل عام . ولكن الحقيقة ان هذه الجدران تستحق ان يُنظر اليها بامعان اكثر .

فليس بامكان كل شخص الاجابة ، فيما لو سئل عن شكل جدران محطة « دزيرجينسكى » .

فاذا نظرنا الى صفائح الرخام المزينة لجدران هذه المحطة ، بامعان لامكننا قراءة صفحات ممتعة عن التاريخ الجيولوجى للارض . عندما كان يجرى تكون هذه الصخور الرخامية حدث ان امتدت البقايا النباتية التى تحجرت فى الرواسب الطينية القديمة ، فى اتجاهات

معينة ، تبدو الآن كحزم من الخطوط المتوازية ملتوية على شكل تجعدات محدبة . هناك منظر آخر لهذه التجعدات ، اكثر روعة من السابق ، يمكن مشاهدته على جدران محطة مترو البلطيق ، فى لينينجراد . قليل من الناس من يدرك بان هذه المخطوطات الحجرية تعكس فقرات حية من تاريخ نشأة الرخام المتعلقة بما يسمى علميا بالتشوه المرن للصخور الناتج من جراء ضغط يبلغ مقداره ٤٠٠٠ كيلوجرام على السنتمتر المربع الواحد .

هناك تجارب شيقة اخرى تجرى لدراسة صخور الاورال المركبة . وهى صخور معدنية كبريتية مركبة يدخل فى تركيبها البيريت والهالكوبيريت . ففى المناجم حيث يتم استخراج هذه الصخور المعدنية وخاصة فى منطقة خامات كاراباشكس المعدنية الواقعة فى جنوب الاورال ، يمكن رؤية تجعدات فى طبقات الصخور المرنة .

لقد بينت التجارب بانه يمكن للصخور النحاسية ان تتسرب تحت تأثير ضغط مقداره ١٠٠٠٠ ـــ ١٢٠٠٠ كجم سم ٢ . اذا قارنا نتائج العمليات التى تجرى فى الطبيعة بالنتائج التى نحصل عليها فى المعامل والمختبرات ،

فاننا في هذه الحالة فقط نستطيع الكشف عن نوعية العمليات الطبيعية التي تجرى في منطقة الستار الارضي .

ان بامكاننا استحضار طبقة الستار الارضى اصطناعيا في المختبر ، اذا امكن توفير ظروف مشابهة لما هو عليه في اعماق الكرة الارضية . اول هذه الظروف هو الضغط ، الذى يمكننا من تكوين فكرة عن مقداره ، اذا تصورنا وقوع ثقل ٣ فيلة على ظفر سبابة اليد . ان توفير هذا المقدار من الضغط في المختبرات الحديثة لا يشكل صعوبة ذات قيمة . وليس من الصعب حساب مقدار هذا الضغط ومعرفة مقدار تأثيره على الصخور الواقعة على مختلف الاعماق .

ويختلف الامر بالنسبة لدرجة حرارة طبقة الستار الارضى ، اذ ان هناك صعوبة في تقديرها نظرا لوجود عدة وجهات نظر مختلفة بالنسبة لتغير درجة الحرارة كلما زاد الابتعاد عن سطح الارض في اتجاه النواة .

بالاضافة الى ما تقدم ، يجب ألا نغفل عن الاخذ بعين الاعتبار تأثير الماء ، الموجود بين جزيئات الصخور ، وألا ننسى كذلك ان تأثير الماء ، الواقع تحت ضغط معين ، يختلف عن تأثيره عند سطح الارض ،

حيث ان جميع المسامات الموجودة فى الصخور ، وحتى الدقيقة منها ، ستحاول امتصاص الرطوبة من فراغاتها ، وهذا بدوره سيؤثر على تغيير خواص الصخور . ولا يستبعد ان يصلح ذلك كتعليل للفرق الجذرى بين المناطق القارية والمحيطية . فمن الممكن ان يؤدى تغلغل الماء فى مسامات الصخور الى تغيير خواصها . لدرجة تكتسب فيها الصخور الرسوبية والجرانيتية فيها صفات مشابهة لصفات الصخور البازلتية . ومن يدرى ، فلعل هذا هو السبب فى ان الطبقة البازلتية تقع على بعد قريب من السطح فى منطقة قاع المحيط . ومن المحتمل ألا تكون هذه الطبقة بازلتية كما نظن ، بل عبارة عن صخور رسوبية او جرانيتية متغيرة الى درجة كبيرة .

مما سبق يتضح ان نتائج الضغط والحرارة ومسامية ونفاذية الصخور هى اللدانة والمرونة والمتانة . ان كل هذه الظروف يمكن الحصول عليها فى المختبرات الخاصة بدراسة التغيرات التى تطرأ على الصخور تحت الضغط والحرارة العاليين .

لقد كتب البروفسور فيريشاغين الذى يعمل رئيسا لمختبر فيزياء الضغوط العالية جدا التابع لاكاديمية العلوم

السوفييتية ، فى احدى مقالاته : عندما عرضنا صخورا ومعادن مختلفة للضغوط العالية جدا واجهتنا مشكلة تغيير صفات هذه المواد الاصلية . فمثلا لوحظت تغيرات مدهشة على الحديد الزهر والملح الصخرى والرخام عند غطسها فى سائل واقع تحت ضغط مقداره ٢٠٠٠٠ ـ ٣٠٠٠٠ ضغط جوى اذ اصبحت هذه المواد لدنة ، بالاضافة الى زيادة متانتها الى حد كبير .

ولكننا عندما حاولنا استحضار صخور ، ذات خواص شبيهة بما هو عليه الحال فى منطقة طبقة الستار الارضى ، واجهتنا عدة صعوبات . فكما نعلم ان جميع الصخور ، وحتى المدروسة منها جيدا ، موجودة فى بيئة لا نعرف كنهها . ويمكن تخيل تأثير هذه البيئة على الصخور الموجودة هناك من التجربة التى اجريت على الملح الصخرى . فلقد اتضح ان الملح الصخرى يتحول الى سائل تحت ضغط غير عال . فاذا وضعنا هذا الملح تحت ضغط ٤٠ ـ ٨٠ كجم / سم^2 فبالامكان تمريره خلال ثقب ضيق فى لوح من الصلب .

ولكن اذا سخناه لدرجة حرارة مقدارها ٢٠٠ ـ ٣٠٠ درجة مئوية فبالامكان تمريره خلال نفس الثقب

السابق تحت تأثير ضغط يعادل نصف ما كان عليه فى التجربة السابقة .

ومما يدعو للعجب انه لو سددنا هذا الثقب بطبقة من الملح او الجبس المصهورين ، فان ضغطا مقداره ٢ ــ ٣ كجم/ سم٢ يكفى لتمرير الملح خلال الثقب المذكور ، اى ان الجهد المطلوب فى هذه الحالة اقل مما كان متطلبا فى التجربة الاولى بعشر او خمس عشرة مرة .

لقد لوحظ ان المراقبات الجيولوجية ، التى اجريت على الرخام والكوارتزيت ، لمراقبة سلوكها فى الظروف الطبيعية تتعارض مع التجارب فى المختبر . فالكوارتزيت ، فى الظروف الطبيعية ، يملك القدرة على التشوه اللدن بسهولة اكثر من الرخام . اما فى ظروف المختبر فنشاهد العكس .

ان تفسير هذه المعضلة وآلاف غيرها لم يتحقق لغاية الآن . ويحتاج العلماء والباحثون دائما لحل معادلات غامضة ومبهمة . ان اكتشاف الانسان للآلة الاليكترونية الحاسبة يساعد على وضع حد لليأس وعلى التغلب على مختلف المشاكل التى كان حلها مستعصيا فى السابق .

هذا ولا يستثنى الجيولوجيون من ذلك . فبفضل هذه الآلة نتمكن بمزيد من الدقة أخذ جميع العمليات التى تجرى فى اعماق الارض ، بعين الاعتبار . وبذلك نستطيع ، عمليا ، ان نكون فكرة واضحة عن طبيعة تكوين طبقة الستار الارضى .

ان اختيار اجهزة الحفر وتصميم نفس الآلة الحافرة يعتمد على نتائج حساب صلابة ومتانة ومرونة الصخور والآلات الاليكترونية الحاسبة تمكننا من الاجابة على السؤال المتعلق باختيار نوع المعدن او البلاستيك الصناعى اللازم لصنع آلات الحفر . وهى تدلنا كذلك على الشروط والصفات الواجب توفرها فى المواد التى ستستعمل لتبطين جدران الآبار المحفورة . ومن المحتمل ان تتم عملية تبطين جدران البئر عن طريق اجراء تغيير فى صفات الصخور المحفورة ، او قد تستعمل الطرق الاليكتروكيميائية لتحقيق هذا الغرض . وبالاضافة الى ذلك كله ، تستطيع الآلة الحاسبة الاجابة على مقدار القطر اللازم للبئر المزمع حفرها .

لقد حدث ان شاهدت فى منطقة مدينة « توتما » بئرا يرجع حفرها الى القرن الخامس عشر . يبلغ قطر هذه

البئر عند الفوهة ٦٠ سم ، ويتناقص هذا المقدار كلما ازداد العمق حتى يصل الى ٣٠ سم عند القاع الواقع على عمق ٢٥٠ مترا . ولقد لفتت انتباهى البطانة التى كانت تدعم جدران هذه البئر وتمنعها من الانهيار ، فقد كانت هذه البئر مبطنة بأشجار صلبة مفرغة من الداخل ، وملفوفة بقطع من الخيش المطلى بالقطران . لا شك ان هذه البئر كانت معجزة التكنيك بالنسبة للزمن الذى حفرت فيه .

ومما تجدر الاشارة اليه انه حتى فى ايامنا هذه ، تستعمل طرق مشابهة لتلك التى تم فيها تصميم البئر المذكورة .

ويظهر من الدراسات التى تجرى لتصميم الآبار العميقة جدا أن قطر هذه الآبار عند الفوهة سيبلغ مترين تقريبا ، حيث يتناقص مع زيادة العمق ليصل الى ١٣ ـ ١٥ سم على عمق ١٥ ـ ١٨ كم . وبواسطة الآلات الاليكترونية ، سيتم حساب درجة متانة المواد التى ستستخدم لصنع معدات الآلات الحافرة ذات المدى العميق جدا . اننا بحاجة لحل عشرات ومئات بل وآلاف المشاكل المختلفة لكى نستطيع دراسة سلوك سبائك

الحديد مع التيتانيوم ، او غيرها من المعادن التي ستستخدم لصنع بريمات الحفر ؛ حيث يجب معرفة التأثيرات التي ستطرأ عليها مع توالي عمليات رفع البريمات وانزالها ، فهل سيحدث تمدد في هذه المعادن ام تقلص . اننا سنحصل على حلول مختلفة لهذه المشاكل تعتمد على تصورنا لطبيعة تركيب طبقة الستار الارضي .

ان العلم الحديث سيمكننا من دراسة كل هذه الامور بحيث نستطيع ان نحفر الآبار العميقة جدا بناء على معلومات تفصيلية وليس على التخمين . كما اننا سنصل الى اعماق الارض مسلحين بالتكنيك الحديث وسنكون قادرين على قهر قوى الطبيعة التي كانت حتى زمن غير بعيد مجهولة وغير قابلة للاستسلام .

دراسات مختلفة

في هذه الايام ، تجرى كما نعلم عملية تشعب العلوم بشكل حاد . اذ تبرز علوم جديدة واتجاهات نظرية لم تكن موجودة في السابق . ففي علم الجيولوجيا حتى الآن ، تشعب اكثر من ١٢٠ فرعا جديدا ، ولا

يزال هذا التشعب فى استمرار مضطرد . لقد اصبح من الصعب ايجاد جيولوجى واحد ملم بكافة فروع الجيولوجيا . اذ ان كثرة الاختصاصات وتشعبها تحمل اى جيولوجى على ان يتخصص فى فرع معين .

وبالاضافة الى عملية تشعب العلم ، تجرى عملية عكسية هى ظهور علوم جديدة جامعة لعلمين او ثلاثة من العلوم القديمة .

وهنا يتبادر سؤال عن مدى تأثير ذلك التشعب والتركيز فى العلوم على عمليات حفر الآبار العميقة جدا . فكما نعلم ان عملية الحفر هذه ، تتطلب حل آلاف المشاكل ، التى تعجز عن تحقيقها الفروع العلمية الضيقة . وان تعاون مئات الاختصاصيين ذوى الاتجاهات العلمية المختلفة فى عملية الحفر هذه امر ضرورى لا يحتاج الى الجدل . اذ سيتركز تفكير هؤلاء العلماء على بؤرة واحدة ، على الرغم من عدم وجود ارتباط بين اختصاصاتهم العلمية للوهلة الاولى . من الصعب التطرق هنا لعملية التركيب والتآلف الاصطناعى لمختلف العلوم ، التى تتطلبها عملية حفر كل بئر عميقة جدا . فلا شك ان كثيرا من الكتب ستتطرق الى هذا الموضوع .

ولكن على الرغم من ذلك هناك بعض الاتجاهات المعينة المعروفة الآن .

انني اتخيل عينة حفرية استخرجت من بئر فى شبه جزيرة كولسكى من على عمق ١٠ ــ ١٢ كم . وأتصور كذلك كيف سارع العلماء ذوو الاختصاصات المختلفة الى تقسيم هذه القطعة الصخرية فيما بينهم . كان من بينهم علماء وصف الصخور (petrography) والجيوكيمياثيون الذين يقومون بكشف النقاب عن الظروف التى تم فيها تكون الصخور ، وعلماء المعادن (mineralogy) الذين يقومون بتحديد المعادن الموجودة فى الصخور .

لنفرض ان العلماء ذوى الاختصاصات التى سبق ذكرها قد استنتجوا ان تلك العينة ، التى استخرجت من اعماق البئر تسمى « بالايكلوجايت » . ففى الدراسة الوصفية التى سيقوم بها العلماء سنجد ما يشير الى ان هذه الصخور تنشأ عادة اما فى الاعماق البعيدة جدا (حيث الضغط العالى) ، او فى ظروف من الحرارة العالية . اما علماء المعادن فسيضيفون الى ذلك ، بان صخور « الايكلوجايت » هذه عبارة عن صخور بلورية يمكن ان نرى فيها بلورات الغارنيت الفاقعة الحمرة ، متناسقة مع

بلورات « البيروكسين » الخضراء . هذا كما يحتمل تمييز بلورات « الديستين » الزرقاء الفاتحة او الغامقة .

هناك عدة فروض حول تركيب مناطق الارض الداخلية ، تقول احداها بكثرة انتشار معدن الاوليفين الذى يتكون من جراء عملية فقدان الصخور لجزء كبير من السيليسيوم الداخل فى تركيبها . وهناك من العلماء من يقول بوجود ستار كامل من معدن الاوليفين تحت القشرة الارضية (تذكر كتاب « مجسم القطع الزائد للمهندس غارين » لمؤلفه تولستوى الذى استمد المعلومات التى اوردها فى كتابه من فروض الاكاديمى فيرسمان) .

وهناك فئة من العلماء تؤكد تحول « البازلت » الى « ايكلوجايت » تحت تأثير الضغط العالى ، وانه كلما زاد الضغط كلما كبر حجم البلورات

ان كثيرا من المشاكل المتعلقة بصخور « الايكلوجايت » لا تزال غير واضحة حتى الان . ذلك لان وجود هذه الصخور يقترن فى بعض الاحيان بوجود الماس . ولهذا السبب يشترك علماء الرواسب المعدنية فى الدراسات التى تجرى على صخور الايكلوجايت .

يقول الاكاديمى سوبوليف انه قد تم العثور فى صخور الايكلوجايت ، الموجودة فى جنوب افريقيا وياكوتيا ، مرتين على قطع من معادن الغارنيت والاوليفين ، وكذلك على قطع من الالماس . وكان ذلك بين حطام الصخور الواقعة فى الفوهات البركانية . ويعتبر المجماتيون ذلك كبرهان على ان الصخور المحتوية على الماس قد تكونت بفضل تأثير الضغط والحرارة العاليين . ولهذا السبب يشترك العلماء المشتغلون فى حقل التركيب الصناعى للمواد فى دراسة صخور الايكلوجايت .

من المعلوم ان الماس الصناعى ، يتم الحصول عليه فى درجة حرارة يبلغ مقدارها ٢٠٠٠ ـ ٣٠٠٠ درجة مئوية ، وتحت ضغط يقدر بمئة الف ضغط جوى . ويكاد يتفق العلماء على ان الماس منتشر فى منطقة الستار الارضى ، حيث ظروف الحرارة والضغط المذكورة توفرها الطبيعة هناك . وهنا يقع على عاتق علماء تركيب الارض (tectonics) البت فى الجدل الجارى حول تكون صخور الايكلوجايت .

استطاع العلماء المشهورون كراسنوف ، واوفمان ، وأليكسييف ، المشتغلون بدراسة التركيب الجيولوجى

لمناطق سيبيريا الحاوية على الماس ، التوصل الى معرفة العلاقة التى تربط رواسب خامات الماس بمناطق التشقق فى الكرة الارضية . ويقول أليكسييف ان مناطق التشقق والتصدعات هذه تمتد الى مسافات طويلة ، وهى مستقيمة وثابتة من غير تقطع على طول امتدادها وبها تتعلق عمليات تجدد نشاط الماجما التى تتكرر مرات عديدة .

ولا تزال بعض الاسئلة المتعلقة بهذه المشكلة من غير اجابة واضحة شاملة . ففى التقرير الذى القاه الجيولوجى موساتوف فى الاجتماع الاستشارى لعلماء تركيب الارض فى الاتحاد السوفييتى ، الذى عقد فى شهر فبراير (شباط) عام ١٩٦٣ جاء الحديث عن المشاكل المتعلقة بتحرك الماجما من مستودعاتها الواقعة على أعماق ٧٠ ــ ١٠٠ كيلومتر خلال التصدعات والشقوق العميقة . وكان موساتوف مجبرا على الاعتراف بعدم احتمال بقاء هذه الشقوق مفتوحة ولو لفترة زمنية قصيرة ، وذلك لان ضغط طبقة الصخور البالغ سمكها ٧٠ ــ ١٠٠ كم كفيل بسد جميع الشقوق المفتوحة .

مثل هذا يحدث فى الحقول الثلجية حيث تختفى حتى الشقوق المائية الكبيرة بسرعة تحت تأثير الضغط العالى .

وفى رأى موساتوف ان الشقوق والتصدعات يجب ان تكون على شكل الدرج . حيث من المحتمل ظهور ما يسمى « بالتأثير القوسى » وذلك عندما تكون اعمدة متفرقة من القشرة الارضية كدعائم لحمل وتثبيت الشقوق . ويحدث كل ذلك مصحوبا بالتمدد العام للارض كما يفترض موساتوف . وهنا يجب الاشارة الى أن كل ما تقدم هو عبارة عن تكهنات وفرضيات لا تزال بدون اية براهين او اثباتات .

وليس عبثا ان يتمسك اصحاب نظرية التحول بوجهة نظر اخرى فى تفسيرهم لمشكلة تكون انابيب الانفجار الحاوية على الماس . ففى رأيهم انه لا ضرورة لوجود الضغط العالى والحرارة المرتفعة لتكون الصخور الحاوية على الماس ، بل ان ذلك يتم فى ظروف الضغط العادى او المرتفع قليلا ضمن حدود القشرة الارضية وتحت تأثير المحاليل الجارية ، القادرة على جلب مختلف المركبات الكيماوية من مناطق الكرة الارضية المختلفة .

يساهم اختصاصيو الديناميكا الحرارية فى حل المشاكل المتعلقة بتكون صخور الايكلوجايت ، وغيرها من الصخور الحاملة للماس . اذ انهم سيحاولون كشف النقاب عن ظروف تكون هذه الصخور ، عندما تتغير درجة الحرارة ، والضغط ، وحجم هذه المادة او تلك ، ودرجة تركيز المواد . ان علم الديناميكا الحرارية يشترط ، لمعرفة ظروف تكون الصخور ، ان نأخذ بعين الاعتبار تغير كل هذه العوامل التى سبق ذكرها لانها مرتبطة ببعضها . فبمجرد تغيير الضغط تتغير درجة الحرارة . وتغير درجة الحرارة يتطلب تغييرا فى الضغط ، وهلم جرا .

فى العلم ، هناك ما يعرف بالمعادن الدالة (المحددة) لظروف معينة . فاذا اخذنا اصناف الفلسبار الثلاثة التى يختلف بعضها عن البعض ، نجد ان الفلسبار المسمى « البيت » ينصهر عند درجة حرارة ١١٠٠ درجة مئوية ، اما « ارثوكلاز » فعند ١٧٧٠ درجة مئوية ، والصنف الثالث المسمى « انورتيت » فينصهر عند ١٥٥٠ درجة مئوية . كل ذلك مثبت عمليا . بالاضافة الى المعادن المذكورة ، توجد معادن اخرى تسمى المعادن الترمومترية ، ولكننا نعلم ان معادن الالبيت والارثوكلاز

والانورتيت المذكورة ستكون درجة حرارة انصهارها مختلفة عن السابقة تحت تأثير ضغوط اخرى . ان دراسة الصخور المستخرجة من الآبار العميقة ستساعد فى تصحيح حسابات الديناميكا الحرارية .

ما هو شكل الصخور الموجودة على الاعماق المختلفة ؟ هناك علم يدعى بالجيولوجيا التركيبية ، وهو يبحث عن الطرق العملية لدراسة الشكل الذى توجد عليه الصخور فى طبقات القشرة الارضية . فنستطيع ان نعلم مثلا بان طبقات الصخور تقع على شكل افقى ، او تحت زاوية ميل معينة بالنسبة للاتجاه الافقى .

ان المسافر على طريق جورجيا الستراتيجية فى القوقاس يلاحظ قبل الدخول فى وهدة داريال ، بان الطريق تمر فى البداية عبر منطقة انتشار الطبقات الصخرية الافقية ، ثم يلاحظ ان هذه الطبقات تصبح مائلة تحت زاوية ميل مقدارها ٧٠ ــ ٨٠ درجة . ان ذلك يعنى ان هذه الصخور قد تجعدت او حصل فيها انثناء فى حقبة زمنية معينة .

يلاحظ اختصاصيو الجيولوجيا التركيبية دائما ، عند حفرهم للآبار او المناجم العميقة ، تشقق الصخور

فى المناطق العليا القريبة من السطح ، وعندما تصل الى عمق معين تحل محلها صخور ذات شقوق شعيرية ، يوحي منظرها الخارجي بانها وحدة صخرية متماسكة : واذا ضربنا على هذه الصخور بالمطرقة فانها تتحطم على شكل صفائح رقيقة . ان صفائح التسقيف تشبه الصخور ذات التشقق الشعرى الدقيق . وكلما ازداد العمق فاننا نقابل صخورا متعرجة السطح على شكل صفائح رفيعة :

من المعلوم ان هذه الصخور الواقعة فى الاعماق ، تكتسب لدانة تحت تأثير الحرارة . وان مقدارا غير عال من الضغط الجانبى ، قادر على جعل هذه الصخور تنكمش على شكل صفائح رفيعة . اما المرحلة التالية ــ مع ازدياد العمق ــ فهى اكتساب الصخور لدونة كاملة . واذا زاد العمق اكثر من ذلك ومن المحتمل ان يكون تحت القشرة الارضية ، فان هذه الصخور تتحول الى حالة الانصهار .

لنتصور ان عينات حفرية قد استخرجت على التوالى من الاعماق . فاذا كانت خطتنا السابقة صحيحة ، فاننا سنحصل فى البداية على عينة من الصخور المتشققة ، تليها الصخور ذات الشقوق الشعرية ، ثم الصخور ذات

التعرجات . اما اذا لم يتوفر هذا التسلسل فان الاخصائيين بحاجة الى البحث عن فروض جديدة .

سيهتم الباحثون ، بالطبع ، بمعرفة عمر الصخور المستخرجة من الاعماق . وهنا ستقوم معادن الميكا العادية بمساعدتهم فى تحقيق هذا الغرض . ذلك ان التركيب الكيماوى للميكا يحتوى على البوتاسيوم . وفى تركيب البوتاسيوم تدخل كمية من النظير المتغير (بو— ٤٠) .

ان حياة هذا العنصر العجيب محدودة . ويحصل الانقسام النصفى له خلال مدة مقدارها ١٣٠٠٠٠٠٠٠٠ عام حيث يتحول الى نظير غاز الارجون الخامل (جو—٤٠) . يستطيع الاخصائيون استخراج نظير الارجون من الميكا وحساب نسبة البوتاسيوم ذى النشاط الاشعاعى الى الارجون ، ومنها يتم معرفة عمر الصخور الحاوية على الميكا هذه .

وغالبا ما نحصل على الارقام ٣ — ٥ مليارات عام .

اما اذا كانت النتائج التى تم الحصول عليها بالطرق الاخرى اكبر من هذه الارقام بعشرات المرات ، ففى هذه الحالة يدعى اخصائيو نشوء الارض (جيوكسماجونيا) —

لابداء رأيهم في الموضوع والمشاركة في هذه التحاليل .

يمكن الاستمرار بالحديث عن الاتجاهات الكثيرة التي تتطلب المزيد من تضامن العلماء لتحقيق دراسة العينات التي سيتم الحصول عليها عند حفر الآبار العميقة جدا . ان الدراسات سوف لا تقتصر على فحص العينات الحفرية فقط ، بل ان نفس البئر — ذلك الفراغ — ستكون مجالا لدراسة الجيوفيزياثيين بمختلف اتجاهاتهم حيث سيتم انزال الاجهزة التي تستطيع تصحيح وتدقيق المعلومات التي حصل عليها الجيوفيزياثيون عند تفسيرهم للاشارات التي وردت من اعماق الارض .

هكذا تتقاطع طرق الجيولوجيين ، والجيوفيزياثيين ، وعلماء الرياضيات ، والجيوكيمياثيين ، اولئك العلماء ذوي الاتجاهات المختلفة الذين يتعاونون لتحقيق عمل مشترك واحد ألا وهو حفر الآبار العميقة جدا . ان دراسة المواد التي سيتم الحصول عليها من كل من هذه الآبار العميقة جدا ، يحتاج الى تركيب وملاءمة العلوم المختلفة . وفي النتيجة يتم اكتشاف قوانين ومعلومات ، جديدة ، وكذلك طرق جديدة لغزو اعماق كوكبنا الارضي .

فى عالم الألغاز

على اثر الكلاسيكيين

جاءنى مرة صديق يعمل مخرجا فى احد استوديوهات الافلام وقال انه بحاجة الى موضوع يصلح لاخراج فيلم علمى محبب عن اختراق اعماق الارض ، بحيث يكون مؤثرا ، وتتوفر فيه الاكتشافات والجدل ، وباختصار ، اراد صديقى دراما .

كان من الصعب علىّ ان اجيب فورا ، فوعدته ان افكر بالموضوع .

وفى اليوم التالى ذهبت الى المكتبة ، من الصباح الباكر ، واخذت كتاب جول فيرن وبدأت فى قراءته . يقول الكتاب ان العلماء ارادوا النزول الى اعماق الارض فاستخدموا فوهة بركان خامد كوسيلة لذلك ، واخذوا يتدرجون بالنزول الى اعماق الارض عن طريق الفراغ

البركانى (الشق البركانى) . فى كل خطوة من خطواتهم كانوا يصادفون حوادث عجيبة . ولكن اكثر شئ يثير الدهشة ، هو انهم كانوا على طول الطريق التى قطعوها الى الاعماق يصادفون حرارة عادية . لقد كانت فكرة الرواية بالنسبة للعصر الذى الفت فيه مدهشة وغير عادية .

ويعرفنا جول فيرن فى كتابه هذا بعمر الصخور وترتيبها ، معتبرا ان اقدم الصخور (الصخور البدائية) تقع على عمق كبير فى باطن الارض . وبهذه الصخور يرتبط وجود كميات كبيرة من الخامات المعدنية ، حيث يقول : — «فى طبقات الطين الصفحى (shale) ذات الظلال الخضراء البديعة كانت توجد خامات الحديد والنحاس والمنجنيز مع عروق الذهب والبلاتين » . وفى هذا المكان من الكتاب ، يعارض جول فيرن بكل شدة فكرة اكتشاف ودراسة القشرة الارضية عن طريق عمليات حفر القشرة الارضية ويقول ان دراسة القشرة الارضية ممكنة عن طريقة الشقوق والمغارات الموجودة فى القشرة الارضية . ويقول ان اعماق الارض مسكونة بحيوانات عجيبة منقرضة . لقد قمنا مع المؤلف برحلة سياحية الى البراكين الملتهبة ومستودعاتها العميقة ، ولكننا

انهينا جولتنا السياحية نهاية غير طبيعية ، اذ يطفو السياح فوق المياه المغلية وبعدها الحمم البركانية الملتهبة .

ان هذه الافكار الجيولوجية تعتبر عادية جدا بالنسبة لذلك العصر . في الحقيقة ان الرحلة الى مركز الارض في رواية جول فيرن لم تتم . ذلك لان تيار المياه المغلية والحمم البركانية قذف بالمسافرين الى سطح الارض في منطقة بركان « سترومبولى » لقد قطعوا مسافة طويلة من ايسلندا الى ايطاليا مجتازين منطقة مركز الارض ومع ذلك فلم يعط جول فيرن صورة عن طبيعة اعماق الارض في روايته .

هناك رواية تعالج نفس هذا الموضوع للجيولوجى الروسى اوبروتشيف تسمى « بلوتونيا » أى الارض . لا شك فى أن مقاطع من هذه الرواية قد كتبت تحت تأثير المعلومات التى اوردها جول فيرن . ويقود اوبروتشيف ابطاله عبر الفراغ وقد صور باطن كوكبنا الارضى كفراغ كامل وأوجد شمسا فى مركز الارض تضئ الطريق لأبطاله . من الطبيعى ان اوبروتشيف كان يعلم جيدا ان الارض لا يمكن ان تكون فارغة من الداخل ، ولكنه اتبع هذه الطريق لشرح تاريخ حياة الارض .

لقد قابل ابطال رواية « بلوتونيا » فى طريقهم الى الاعماق نماذج من الاحياء المنقرضة . ففى البداية شاهدوا حيوانات « الماموث » ثم رأوا الاسلاف المنقرضة للثدييات ، وبعد ذلك ظهرت السحال ذات الاحجام الضخمة ، التى عاشت فى الحقب الوسيط (Mesozoic era) .

ويصور لنا الكاتب الصراع الدائر بين هذه الحيوانات العجيبة وبين ابطال الرواية الشجعان فى اعماق الارض . لقد درس هؤلاء الابطال الصخور الرسوبية وعثروا على خامات غنية بالمعادن ، وشاهدوا البراكين . كل هذا كان مجرد اطار عام للحديث عن تطور الحياة . ولكن اوبروتشيف مثل جول فيرن لم يعطينا صورة واضحة عما يوجد داخل الارض على الاعماق السحيقة .

اتبع مخرجو السينما التشيكوسلوفاكيون ، فى احد افلامهم الطريق الذى اشار اليه اوبروتشيف ، فاستطاعوا اظهار الحفريات الحيوانية للعالم القديم وكأنها كائنات حية . وتذكرت رواية كونان دويل التى يتحدث فيها عن رحلته الى مركز الأرض داخل جهاز خاص يشبه غواصة الاعماق . ان اهتمام المؤلف فى هذه الرواية كان محصورا باثارة الضجة والحديث عن الكوارث والمغامرات الخيالية .

كذلك تولستوى لم ينس الحديث عن الكوارث فى كتابه « مجسم القطع الزائد للمهندس غارين » الذى يحتوى على قسم يتحدث فيه المؤلف عن التركيب الداخلى للارض .

ما الذى يمكن عمله يا ترى ، حتى تكون نفس الفكرة العلمية هى المشوقة والمثيرة ، وليس المغامرات ؟

كانت تراودنى فكرة الاتصال تليفونيا بصديقى المخرج السينمائى لاخبره بانه ليس بامكانى تحقيق ما كلفنى به .

ولسبب ما ، تذكرت حديثا مع عالم نفسانى كنت اعرفه . لقد قال لى هذا العالم : اذا اردت ان تدهش اصدقاءك فى احدى الامسيات ، فما عليك الا ان تكتب على ورقة اربع كلمات . الاولى « بوشكين » ، والثانية « دجاجة » ، والثالثة ، « تفاحة » والرابعة « انف » ثم اطلب من اصدقائك ان يعدوا من البداية الى العشرين ، ثم بسرعة ، وبدون تفكير ان يسموا اشهر شاعر ، احد الطيور الداجنة ، نوعا من الفواكه واحد اجزاء الوجه . قد يكون من النادر ان يقول احد شيئا آخر . ثم اخرج

الورقة وأر اصدقاءك ما كان مكتوبا عليها . لا شك ان ذلك سيكون مدهشا للجميع .

وان كل ما قاله العالم النفسانى لى كان مسليا ، ولكننى اضيف الى ذلك سؤالا خامسا : ماذا يقع تحت القشرة الارضية ؟ اننى متأكد من ان كل واحد سيجيب ، من غير تفكير : الماجما — تلك المادة النارية المنصهرة . لقد رأينا شيوع النظرية الماجماتية ، وخاصة بين الناس العاديين (غير الاخصائيين) . ان ذلك يرجع لكثرة ما كتب عنها وما عرض فى الافلام .

لقد حدث ان اشتركت قبل عدة سنوات فى عملية اخراج فيلم يدعى « حديث عن حجر » لقد استطاع كاتب السيناريو فيتوخنوفسكى والمخرجان ريمارينكو وفوليانسكايا احياء الحجر واظهار عملية نموه . وفى هذا الفيلم اهمل فيتوخنوفسكى آراء جول فيرن واوبروتشيف . واتبع بدلا منها الطريق الذى اشار اليه الاكاديمى فيرسمان فى مؤلفاته .

لقد استطاعت المؤلفات الكلاسيكية ان تجعل الحجر ينطق . اذ ان الحجر يستطيع ان يعبر عن عدة افكار وامزجة ، فيما لو وقع بين يدى نحات او معمارى

ماهر . ولكن الطبيعة هى امهر من الفنانيين والاساتذة .
ولقد استطاعت فرقة التصوير ان تظهر فى هذا الفيلم
ولادة الحجر الطبيعية ، وموته .

ويقول الكثيرون ، بان اكثر اقسام الفيلم روعة
وتأثيرا ، هو ذلك القسم الذى يصور حياة الماجما ذلك
المصهور النارى المعربد الواقع تحت القشرة الارضية ،
(واضعو الفيلم ، من دعاة النظرية المجماتية) .

وبينما كنت اتصفح الملاحظات التى دونت اثناء
عملية تصوير الفيلم دار بخلدى ان العاملين فى الستوديو
السينمائى ، الذين كلفونى بوضع السيناريو، ينتظرون
منى ان اعيد قصة تلك اللقطات . ذلك لانهم جميعا من
المتعصبين للنظرية المجماتية ، وينتظرون منى ان اظهر
فى السيناريو الجديد ، نفس الماجما المعربدة ،
والبراكين الثائرة ، ونشوء الصخور من المصهورات النارية .
وباختصار كان على ان اظهر ما يجرى فى اعماق
الارض من وجهة نظر المجماتيين .

ولكننا نعرف ان هذه ، ليست وجهة النظر الوحيدة .
فهل احاول بحث موضوع التركيب الداخلى لكوكبنا
الارضى من وجهات النظر المختلفة ، واعمل لكى

تتقابل آراء المجماتيين وجها لوجه بآراء النيونبتونيين ، اصحاب نظرية التحول ؟

انني اعتقد بان هذه ، هي الطريقة الوحيدة الممكنة لاظهار جميع العمليات المعقدة التي تجرى في اعماق كوكبنا الارضى .

بعد ذلك بدأت بالتفكير بالسيناريو .

اذا كان المجماتيون على حق

في ذلك اليوم كانت الاستعدادات لاختراق طبقة موخو تجرى على قدم وساق ، هكذا يسمى الصحفيون هذا الحادث .

كان العالم قريبا من اكتشاف مثير . واخيرا سيتم اكتشاف ما تخفيه الارض تحت قشرتها ، وسنعرف ماذا يقع تحت طبقة موخو .

في احدى جزر كوريلسكى ، ليس ببعيد عن بئر عميقة جدا ، (لقد حصل تلقائيا ان تم تغيير اسم الجزيرة ، اذ اطلق عليها اسم جديد ، هو جزيرة موخو ، نشأت مدينة صغيرة للحفارين . وكان برج الحفارة ،

التى اعتبرت معجزة الفن الهندسى، يقوم فى وسط منخفض من الارض يشبه قدرا مجوفا كبير الحجم . وكان يشترك فى عملية الحفر عدد كبير من الاخصائيين . والى جانب البئر كانت تقوم ورش التصليح ، التى كانت غير اعتيادية ، مثل كل ما يحيط ببرج الحفارة . وكان اعجب الاشياء ، هو انعدام الضجة المعهودة فى ورش التصليح العادية . كان الاهتمام هنا محصورا بمراقبة سرعة عمل آلات الحفر الى الاعماق بالسنتمتر الواحد (يقصد هنا الدقة البالغة) .

وقد اوصلت مؤشرات الاجهزة بجهاز خاص ، كان يذيع اوتوماتيكيا وبشكل دورى ، المسافة المتبقية للوصول الى « طبقة موخو » . وفى هذا اليوم اعلن صوت الجهاز (انتباه . . . انتباه . . . انتباه . . . لقد بقى ٢٠ مترا للوصول الى « طبقة موخو ») .

لقد دبرت عقول المهندسين كل الوسائل الكفيلة لوقاية الناس من خطر الكوارث التى كان من الممكن وقوعها عند اختراق الكبسولة الحافرة « لطبقة موخو » . فلقد تم اجلاء الناس عن المدينة قبل ذلك بزمن طويل . وحتى اولئك الذين بقوا فى الايام الاخيرة بجانب الآلة الحافرة ،

او فى ورش التصليح ، صعدوا ، بأمر من الرئيس المسؤول الى قمم الجبال المحيطة بمنطقة الحفر ، اما اجهزة آلة الحفر فقد تم تحويلها على طريقة التوجيه ـ المراقبة من مكان بعيد . وفى برج منيع خاص تركزت الكاميرات السينمائية وعدسات التصوير والبيروسكوبات وغير ذلك من الاجهزة الخاصة ، التى كانت تقوم بتسجيل كل ما سيجرى من الحوادث ، التى ستصاحب لحظة اختراق « طبقة موخو » .

واخيرا حلت تلك اللحظة التى طال انتظارها وهاهو صوت جهاز الاعلان : « لقد بقى لاختراق «طبقة موخو » ٥ امتار . . . اربعة امتار . . . ثلاثة امتار . . . متران . . . . » .

وهنا بدأت كل الاجهزة بالعمل . كان من الصعب ، بل ومن المستحيل ملاحظة دقائق الامور . ان آلة التصوير السينمائية ، التى كانت تدور بسرعة ٥ ملايين صورة فى الثانية استطاعت ان تسجل هذه اللحظات التى لا نظير لها ، وبينت كيف حصل انصهار وتبخر برج الآلة الحافرة ببطء (هذا ما بدا على الشاشة) ثم كيف ازالت العاصفة النارية اللولبية جميع المنشئات التى كانت تحيط بالآلة الحافرة .

ومع كميات الغازات الهائلة المندفعة من الاعماق ، انبثق عمود نارى منحن من الماجما ، ومعه انطلقت القذائف البركانية الى ارتفاع يبلغ عدة الاف الامتار . واكتست المنطقة المحيطة جميعها بلمعان احمر كالدم . كان اللمعان ناصعا بشكل خاص على اطار السحب الغازية الداكنة .

اخذ الهدير والضجة بالتزايد المستمر . فى البداية كان من العسير تمييز مكان صدور هذا الهدير . ثم انطلقت هذه الضربات من تحت سطح الارض مصحوبة باعمدة نارية هائلة . اهتزت طبقات الهواء تحت تأثير قصف الرعود المصحوبة بالعواصف الشرارية .

وفى اعالى السماء زاد التصاق الاعمدة النارية بشبكة البرق الكثيفة الساطعة . وتعلق لهيب لولبى الشكل ، متأرجحا كالمظلة فى الهواء ، بين سطح الارض وقمم الاعمدة الغازية . وانتشرت رائحة غازات الكبريت التى صعبت عملية التنفس لدرجة ، ان المتفرجين الذين كانوا يقفون على بعد عدة كيلومترات ، كانوا مضطرين الى وضع كمامات للتنفس على انوفهم .

استمر توالى الانفجارات ، واهتزت الارض ، واخذت الحمم النارية تملأ المنخفض ، الذى كانت تقوم عليه ورش التصليح وبيوت العمال . لقد عصفت قوى الطبيعة ، التى انطلقت من عقالها ، فى لمح البصر ، بجهد جمع غفير من الناس ، يوحدهم عمل مشترك وهدف واحد .

انبثق من جوف الارض نتوء نارى وانغرز كالاسفين فى السحب الصاعدة من غازات الكبريت والرماد . وتباين الليل الحالك الظلام ، الذى كسا المنطقة مع اللهب الجهنمية للماجما الهادرة .

اخذت البركة المتكونة من الحمم البركانية بالامتلاء ، وبدأت الينابيع النارية بالخمود . الماجما ترسل الفقاقيع ، وفى اماكن متفرقة منها تظهر طرطشة صغيرة . كانت الحمم البركانية تتحول بفعل الرياح العاصفة الى كتل حجرية غريبة خيطية الشكل . لقد ذكرنى شكل هذه الصخور بما يسمونه فى جزر هاواى « شعر بيليه » نسبة الى الآلهة « بيليه » المتحكمة بالبراكين .

كل ذلك انتهى بانفجار هائل اعقبه اندفاع عمود نارى جديد الى الاعلى . وفوق فوهة البئر كانت شدة

الهدير والفرقعة قد وصلت الى اقصاها ، لدرجة ان الأرض ارتجت فيها من جراء ذلك .

بعد ذلك ساد المنطقة هدوء تام . ولم نصدق اعيننا عندما لاحظنا ان كل شئ قد انتهى .

وبدأ الرماد تدريجيا بالسقوط على الارض لعدة ايام ، ثم بعثرتها العواصف في جميع انحاء المعمورة .

واشرقت الشمس من جديد . الا انها ظهرت وكانها ناصعة اكثر من السابق . وبقيت السحب مدة طويلة ملونة بلون احمر كالدم لانها كانت مصبوغة بجزيئات المواد التى تطايرت من تحت القشرة الارضية ثم تبعثرت في الجو.

وها هي البحيرة المملوءة بالمادة الاولية ، التى تعتبر اصل كل الصخور ، تتراءى امامنا . وها هى الانسانية تستطيع لاول مرة ان ترى تلك المادة العجيبة التى تبطن القشرة الارضية . وباقصى سرعة تم جمع عدة عينات من اماكن البحيرة المختلفة ، وارسلت الى مختبرات مختلف البلدان لاجراء التحليلات عليها ، وانحبست انفاس العالم بانتظار ظهور نتائج التحليلات :

وها هي النتائج تصل الى مركز تنسيق الحسابات ،

المشرف على جميع ما يختص بعمليات الحفر العميقة المدى . ويجئ فى التصريح الرسمى ان المادة الاولية (الحمم النارية المصهورة) تحتوى على جميع العناصر الكيماوية الموجودة فى جدول منديلييف الدورى . كما ان كمية وتركيب هذه العناصر تطابق النتائج المحسوبة . كما اعلن عن وجود تغيرات بالمقارنة مع متوسط التركيب الكيماوى لصخور القشرة الارضية . حيث تم اكتشاف زيادة كمية العناصر الثقيلة ، التى تتغلب فيها تلك العناصر الموجودة فى صخور القشرة الارضية بكميات ضئيلة . ومن الطريف جدا ، ان النتائج التى تم الحصول عليها ، تتفق مع فكرة الاكاديمى فيرسمان . اى مع تلك النتائج التى استعملت كأساس لفرض تغيير التركيب الكيماوى للقشرة الارضية كلما ازداد الاقتراب من مركزها .

وهنا هلل المجماتيون فرحا . ذلك لان حقيقة وجود المصهور النارى السائل تحت القشرة الارضية يعتبر كدليل على صدق نظريتهم . كما ان التركيب الكيماوى للمادة الاصلية قد دعم صدق تصورهم بشكل اكثر . والآن توجهت الانظار الى الماجما ، تنتظر برودها

بفارغ الصبر . ماذا سيحدث عندما تبرد الماجما ؟ هل ستثبت صحة قوانين تطور الكتل النارية السائلة ؟

اخذ العلماء بوضع الفروض عما سيتم العثور عليه فى اجزاء بحيرة اللابة . فبالمقارنة مع رواسب خامات « جبال سولوفيوف » الواقعة فى الاورال بالقرب من نيجنى تاجيل ، تكهن العلماء بوجود تجمعات البلاتين والكروميت وغيرهما من العناصر الثقيلة والمعادن فى قاع البحيرة . فكلنا نعلم ، ان العلماء الذين قاموا بدراسة الخامات المعدنية فى تلك المنطقة ، يقولون بانها قد تكونت نتيجة لعمليات التبلور التى جرت فى المراحل الاولى من تطور الماجما . وان تكون مثل رواسب الخامات هذه يعزوه العلماء الى التكون المبكر للبلورات المقاومة للصهر (refractory) من الماجما ، وترسب هذه البلورات فى قاع مستودع الماجما . وعلى نفس هذه الطريقة تم تكون رواسب خامات البلاتين ، والكروميت فى جنوب افريقيا فى ضواحى مدينة « بوشفيلد » حيث يطلق عليها اسم رواسب خامات بوشفيلد .

وافترضت جماعة اخرى من العلماء احتمال تكون رواسب الخامات فى الاجزاء القريبة من قاع بحيرة

اللابة ، حيث كانت تقع المدينة المدمرة ». واعتبروا ان تكون رواسب الخامات هذه قد تم على نمط رواسب خامات «سيدبورى» فى كندا ، حيث توجد كميات كبيرة من خامات النيكل على شكل رواسب سفلى ، يقول العلماء فى تفسيرهم لنشوئها ، بان تكونها قد تم فى المراحل المبكرة من حياة مستودع الماجما ، عندما حدث توزيع المواد وتفرقها حسب وزنها النوعى .

واخذ الجيولوجيون فى دراساتهم ومناقشاتهم يقسمون خريطة بحيرة اللابة الى اجزاء يطلقون عليها اسماء اماكن وجود رواسب الخامات الكلاسيكية ، والمتوقع ان تكون متشابهة فى التركيب . فاطلق اسم « سيدبورى » على الجزء الشمالى من البحيرة . اما الجزء الشرقى فسمى « جبل سولوفيوف » حيث كان من المتوقع وجود البلاتين . اما القسم الجنوبى الغربى فكان اسمه « كيرونافارا » بالنسبة لمكان وجود خامات الحديد فى السويد .

وقد افترض العالم الجيولوجى السويدى « بير جيير » عام ١٩٣١ حدوث انفصال ذلك الجزء من مصهور الماجما السائل ، الذى يكون غنيا بالحديد والفسفور وبعض العناصر الاخرى . وبعد ذلك جرت مناظرة حول

تكون « رواسب خامات كيرونافارا » . فقد جاء الجيولوجى « ليندير جرين » مثلا بفرض الاصل الرسوبى لخامات كيرونافارا الحديدية . وحسب فرضه ، ان هذه الخامات ذات اصل رسوبى ثم حصل بعد ذلك تحول وتغير فى طبيعتها . وقد حاول الكثير من النيونبتونيين — اصحاب نظرية التحول — دعم فرض ليندير جرين قائلين بعدم وجود اية رواسب للخامات ذات اصل مجماتى ، وان صح احتمال وجود بعضها ، فان ذلك بشكل قلة ضئيلة . والآن ها هى دور النشر ، تطبع الكثير عن فرض بير جيير ، وبشكل خاص فقد نشرت المجلات الجيولوجية عدة مقالات عن ذلك .

ولقد اطلق على القسم الاوسط من بحيرة اللابة اسم « كيمبرلى » حيث هنا ، فى منطقة الانفجار الاخير الهائل ، توقع العلماء وجود الماس على غرار « رواسب خامات كيمبرلى » فى جنوب افريقيا . ويتوقع العلماء اكتشاف انبوبة الانفجار البركانية الحاملة للماس .

لقد مضت عدة اشهر قبل ان تبرد الكتل الحارة وقبل ان يستطيع العلماء البدء بدراستها . ولا ادرى هل هناك حاجة للقول بان كل الاحتمالات والفروض قد

تحققت كاملة . وقد تم برهنة الفروض التى نادى بها المجماتيون واجراء اضافات عليها استنادا على دراسة خامات كيرونافاا الحديدية ، ورواسب خامات جبل سولوفيوف ، وسيدبورى وغيرها . وهاهى الفروض قد اصبحت واضحة ومتكاملة ودقيقة .

لقد اثبتت الملاحظات والدراسات المباشرة التى اجريت على الماجما وهى آخذة بالبرود ، عدم صحة افكار النيونبتونيين — اصحاب نظرية التحول — وفى نفس الوقت أكدت صحة وجهة نظر المجماتيين .

اجل ان المجماتيين على حق ، والآن اعتمادا على اسس نظرياتهم ، يمكن البدء بالتحضير لحفر الآبار العميقة جدا فى مختلف مناطق القشرة الارضية للحصول على مزيد من الخامات المعدنية . لقد اشترك علماء الاقتصاد فى الحسابات ، وتبين ان كميات البلاتين والماس والنيكل وكثير غيرها من العناصر النادرة والمبعثرة ، كلها ستسد مصاريف الحفر بكل سهولة .

ان اكثر النتائج اثارة للدهشة ، هى تلك التى حصل عليها العلماء من الجزء الاوسط لبحيرة اللابة . لم يستطع العلماء الاقتراب من هذه المنطقة ودراستها الا فى آخر المطاف . وهنا ثبتت صحة تقديرات المجماتيين . لقد

كان يجلب انظار العلماء مقطع الانابيب البركانية الممتلئة بالماس .

اجل ، لقد تم تكون الماس تحت القشرة الارضية ، فى انابيب الانفجار الهائلة . ثم اخترق مع غيره من المواد الاولية القشرة الارضية . وهناك حيث نرى انابيب الانفجار هذه ، فى الظروف الطبيعية حدثت خلال الشقوق والتصدعات العظيمة فى القشرة الارضية نفس العمليات المشابهة لهذه التجربة الهائلة .

ان هذه النتائج قد اعتبرت انتصارا هائلا للفروض والتقديرات العلمية . والآن نأتى الى نهاية الفيلم .

وللصلادة ايضا حدود

اما الآن فكان من الواجب على المخرج اظهار وجهة النظر الاخرى . اى وجهة نظر اولئك العلماء الذين يعتقدون بوجود طبقة صلدة تحت القشرة الارضية . وهذه هى المادة الاولية التى تعتبر اصلا لكل الصخور على حسب اعتقادهم .

والآن لنتصور ان اضواء الصالة قد اطفئت وبدأ

عرض الفيلم . المذيع يعلن من جديد : « لقد بقى للوصول الى طبقة الستار الارضى خمسة امتار . . . ثلاثة امتار . . . متران . . . متر واحد » .

وهنا يسمع من جديد قصف يشبه قصف الرعد ، ويبدأ قذف وتدفق المواد من اعماق الارض . ها هي شظايا بريمات الحفر تتطاير في الهواء ، وها هي الكبسولة المحطمة تنقذف من الاعماق ، ما هذا ؟ . ليست هناك اية ماجما او غازات مندفعة من الاعماق ، ولكن هناك عمود ضخم من مادة لم تسبق للعين رؤيتها ، يبرز الى الاعلى . .

وعندما تأتت امكانية الاقتراب من منطقة الحفر ، ذهل الجميع عندما رأوا المادة العجيبة التى انقذفت من تحت القشرة الارضية . حاول العلماء اقتطاع جزء من هذه المادة ولكن جهودهم باءت بالفشل الذريع . فحتى الماس ذلك العنصر ذو الصلادة العالية جدا ، لم يكن بمقدوره أن يترك اى اثر خدش بسيط على سطح هذه المادة . ولم تفلح فى ذلك ايضا سبيكة اصطناعية من البور والنيتروجين الذى بامكانه قص جميع المواد بما فيها الماس . وهنا جربت اللازورات (مولدات الطاقة

الضوئية) التى تولد حرارة تقارب ٨ - ٩ آلاف درجة مئوية ، وتستطيع اشعتها ان تخترق بسرعة خاطفة اكثر انواع الالماس صلادة :

ولكن حتى هذه المولدات كانت غير قادرة على خدش هذه المادة ذات الصلادة فوق العالية .

وهنا ظهر سبب ازدياد سرعة الموجات الزلزالية (السيزمية) زيادة مفاجئة بعد اختراقها طبقة موخو . وتمر الموجات خلال هذه المادة الصلبة للغاية .

ثم تطلب مساعدة فرقة التفجير للتغلب على هذه المادة ، ولكنها لم تفلح ايضا . واخيرا ، وبعد ان احضرت المدافع البلازمية الخاصة ، التى تولد حرارة هائلة تقدر بملايين الدرجات المئوية ، امكن تحطيم العمود المقذوف من تحت القشرة الارضية ، وتقسيمه الى اجزاء متفرقة .

اتضح ان المادة التى تم الحصول عليها من تحت القشرة الارضية لها درجة هائلة من الصلابة . واطلق على هذه المادة اسم « موخيت » نسبة الى طبقة موخو .

وعندما استعمل « الموخيت » فى جهاز خاص ، كان بمقدوره ان يقص جميع المواد الموجودة على سطح .

الارض بالسهولة التى يقطع بها السكين الزبدة . لقد احدث « الموخيت » تحولا عظيما فى التكنيك ، واليه يرجع الفضل فى تغيير تكنولوجيا تصنيع المعادن . ويقدر العلماء انه يمكن استعمال « الموخيت » لحفر الآبار العميقة جدا بتكاليف معقولة ، لاستخراج كميات اوفر من هذه المادة ذات الصلادة فوق العالية .

باشر اخصائيو التعدين والكيميائيون ، وعلماء الجيوكيمياء بدراسة وتعيين التركيب الكيميائى « للموخيت » . ولكن عدم قابلية هذه المادة للذوبان فى الحوامض قد صعبت عملية التحليل الكيميائى ، حيث لم تجد جميع طرق التحليل الفيزياكيميائية نفعا .

ان الطريقة الوحيدة التى امكن استعمالها ، هى طريقة تحليل النظائر . ولقد تم اكتشاف نظائر مختلف العناصر الكيماوية بمساعدة جهاز النيترونومتر ، وذهل العلماء عندما وجدوا ان جميع العناصر الكيماوية المعروفة فى جدول مندلييف الدورى ، تدخل فى تركيب هذه المادة . ولكن حساب النسبة الكمية لهذه العناصر كان صعبا جدا . وحتى الآن تستمر عمليات تحليل عينات من مادة الموخيت ، فى مختلف مختبرات العالم .

ان الشئ الوحيد الذى امكن للعلماء معرفته ، هو وجود مادة جديدة لم تسبق دراستها .

أولى علماء الدول الرأسمالية بشكل خاص عناية بالغة بهذه المادة . والسبب الرئيسى لذلك ، هو ان ظهور « الموخيت » فى التكنيك ، لازمه تغير هائل بقيمة الاسهم ، فى مختلف بورصات العالم . وبشكل خاص ، حصل هبوط مفاجئ فى اسهم تلك الشركات ، التى كانت مرتبطة ، ولو بشكل غير مباشر بعمليات التنقيب عن الماس للتجارة او لاستعماله فى التكنيك . كما ان هبوط اسهم هذه الشركات سبب هبوط اسهم شركات اخرى . لقد اهتز العالم الرأسمالى وارتبك بجد .

ان استعمال « الموخيت » ادخل تغيرا فى شكل الحياة الاعتيادية ، وان ظهوره قد بشر بثورة فى جميع انواع التكنيك .

ليست هناك ماجما تحت القشرة الارضية

ليست هناك ماجما . بدأ العلماء يقتربون من هذه النتيجة حتى قبل ان تصل الحفارة العميقة المدى الى طبقة موخو الشهيرة بوقت طويل . ان هذه النتيجة قد

فرضت نفسها بعد تلك الظواهر غير الاعتيادية التى سجلتها الاجهزة التى انزلت مع الكبسولة الحافرة الى اعماق الارض .

فى البداية لم يعر الاخصائيون لهذه الظواهر اهمية كبرى . لقد كان سلوك الحرارة التى سجلتها الاجهزة الخاصة عجيبا . فمنحنى الحرارة ، فى البداية ، بقى ثابتا ، ثم انخفض (وكان من المقرر ان يرتفع) . وعلى عمق ١٠ كيلومترات من سطح الارض ، كانت درجة الحرارة مقاربة للصفر . وعندما زاد العمق تغيرت درجة الحرارة حيث وصلت منطقة ما تحت الصفر .

وهنا ارتبك الجميع . اين الماجما ؟ ماذا سيحصل عندما ستصل الكبسولة الحافرة الى « طبقة موهو » ؟ كيف يمكن تفسير غلطة المهندسين الذين صمموا ادوات واجهزة الحفر ؟ لقد كان تصميم الادوات على اساس الارتفاع المضطرد للحرارة مع زيادة العمق . ان ذلك يعنى أن جهد المهندسين قد ذهب سدى .

وهنا دعت الحاجة الى صنع ادوات جديدة باقصى سرعة ، والى تصحيح الحسابات ، ثم البحث عن مواد جديدة لصنع ادوات الحفر بحيث تكون ملائمة لمنطقة الضغط العالى والحرارة السلبية .

واستمرت الاخبار المثيرة للدهشة ، تعلن عن انخفاض درجة الحرارة اكثر فاكثر ، كلما زاد العمق .

نشر الصحفيون هذه الاخبار الغريبة ، المصحوبة بالمعلومات المدهشة تحت العنوان التالى : « اخبار من الجبهة الحرارية » . وتبادرت الى الاذهان فرضية الاكاديمى « فيرنادسكى » التى اعلن عنها عام ١٩٣٤ ، والتى سبق أن اشرنا اليها . فلقد غفل العلماء والمهندسون لسوء الحظ ، من اخذ هذه الفرضية بعين الاعتبار .

تم اكتشاف محاليل دوارة على عمق كبير فى البئر . وفى القوقاز اكتشفت كميات كبيرة من مياه الشرب المعدنية المسماة « نرزان » على عمق ٣ كيلومترات ، فى البئر التى حفرت هناك . وعلى جناح السرعة ، بدأ تصميم وبناء مصحات جديدة . اما التركيب الكيماوى للمياه الجوفية ، فقد كان يتغير بازدياد العمق . وفى منطقة التحول من درجات الحرارة الايجابية الى السلبية ، تم اكتشاف جداول مائية ، تحتوى على محاليل النحاس والنيكل والكوبالت وغيرها من العناصر .

ويبرز من جديد سؤال عن كيفية تكون رواسب

الخامات المعدنية ، وعن مدى صحة آراء المجماتيين ، عندما يقرنون عملية تكون رواسب الخامات بوجود مستودعات الماجما . هل هذا يعنى أن المحاليل الحاملة لخامات المعادن ، تستطيع التغلغل ، حتى فى منطقة الحرارة السلبية ؟

لقد اذهلت هذه النتائج جميع العلماء . اذ كان عليهم أن يتخلوا عن آراء اعتادوا عليها فترة طويلة من الزمن ، تتعلق بكيفية نشوء وتكون رواسب الخامات .

وها هى عمليات الحفر تصل الى عمق كبير ، لم يتم التوصل اليه فى السابق . لقد كانت نتائج تحليل العينة الحفرية ، التى استخرجت من عمق ١٥ كم من بئر شبه جزيرة كولسكى ، من الامور الطريفة الداعية للدهشة . فقد وصلت البئر هنا ، الى نصف عمق طبقة القشرة الارضية . وبالرغم من ذلك ، فقد تبين أن هذه العينة تتبع لصخور الجرانيت العادية ، التى تشاهد على سطح الارض وتكسو مساحة شاسعة من اراضى شبه جزيرة كولسكى وكاريليا .

لقد اثار موضوع تقدير عمر هذه الصخور ضجة هائلة ، حيث لم تنفع العلماء ، العمليات والطرق العادية

لحل هذا الموضوع . لذلك فقد تم تصميم عدادات ذرية خاصة اشارت الى أن عمر هذه الصخور يبلغ ١٠٠ مليار سنة . ان ذلك يعتبر رقما خياليا . اجل . لقد توقع العلماء عند تصميمهم لهذه البئر ، أن يصادفوا صخورا قديمة جدا ، ولكنهم لم يتوقعوا هذا الرقم الخيالى ، الذى طوح بكل المعلومات السائدة عن نشاط كوكبنا الارضى :

تعرضت العينات التى إستخرجت من بئر شبه جزيرة كولسكى للفحص والتمحيص في المختبرات الجيوكيماوية فى جميع انحاء العالم . وبالرغم من ذلك ، فقد كانت جميع النتائج واحدة . ان ذلك يعنى صحة قول العلماء ، بأن عمر الارض كبير لدرجة يستحيل معها تحديده .

وحتى هذا الوقت ، تم الحصول على نتائج حفريات الآبار الاخرى . وبمزيد من الاهتمام ، قبلت المعلومات الواردة من البئر التى كانت تحفر فى جبال الاورال ، حيث تم العثور هناك على مادة غريبة . وكان من اغرب الاشياء ، أن العلماء فى البداية ، لم يستطيعوا استخراج اية عينة صخرية على مدى مسافة هذه الكيلومترات ،

فى الوقت الذى كانت فيه رائحة البنزين تملأ المنطقة المحيطة بالبئر .

وهنا اقترح احد اخصائيى الحفر ، تصميم اجهزة خاصة قادرة على استخراج المواد المضغوطة بشدة من الاعماق . وبواسطة مضخة خاصة ، امكن استخراج كتلة سوداء كثيفة . لقد كانت هذه المادة ، هى النفط المضغوط لدرجة تحول فيها الى كتلة صلدة .

اذن ، فذلك يعنى انه بالامكان ، التنقيب عن النفط فى طبقات صخور الاورال العميقة جدا . وهذا بدوره يبعث الاعتقاد بأن النفط هو ثمرة لب الارض .

ان هذا يعنى اننا لسنا على صواب ، فى تخطيط عمليات البحث عن النفط التى تقتصر على اعماق قليلة من سطح القشرة الارضية فقط . يتبين بأن « ملكة الاعماق » ـ النفط مخلصة لنفسها : اذ انها توجد فى تلك الاعماق السحيقة ، التى بقيت مقفلة فى وجه الانسان لمدة طويلة : اما الآن فقد فتحت خزنتها على مصراعيها حيث اصبح من الممكن التنقيب عن النفط فى اعماق كبيرة .

وفى معاهد التخطيط والتصميم كان العمل على اشده . اذ بدئ بوضع مشروع لحفر آبار جديدة ذات مدى مشابه لعمق البئر التى حفرت فى جبال الاورال .

وفى هذا الوقت وردت اخبار مدهشة عن المعلومات التى اعطتها البئر التى كانت تحفر فى منطقة بحر قزوين. اذ تم الحصول هناك لا على النفط بمفرده ، بل على عدة مركبات نفطية من بينها القار (اوزوكريت) ، او ما يسمى بالشمع الحجرى ، الذى ينشأ عادة نتيجة تعرض النفط الخفيف لعوامل التعرية . لقد كان القار معروفا في كثير من مناطق الكرة الارضية ، منذ زمن بعيد مثل منطقة جزيرة تشيليكن الواقعة فى بحر قزوين ، وفى منطقة غربى اوكرانيا ، ولكن احدا لم يكن يتوقع وجود كميات هائلة منه على هذه الاعماق الكبيرة .

ولم تقل تأثيرا عن السابقة ، تلك المعلومات التى وردت من البئر العميقة جدا ، التى كانت تحفر فى منطقة جزر كوريلسك ، حيث تم اختراق « طبقة موخو » لاول مرة ، وعثر على مادة ، كانت واقعة تحت ظروف من الضغط العالى والحرارة المنخفضة . وتبين انها عبارة عن قطعة عادية من الصخر المضغوط يشبه البازلت ، وكانت

تحتوى على كميات هائلة من المعادن المختلفة كالنحاس والعناصر النادرة وغير ذلك من المعادن . اما المصهورات النارية (ماجما) فلم تكن موجودة هنا .

لم تكن هناك حدود للبشرى التى طفحت بها وجوه النيونبتونيين . لقد ثبتت صحة استنتاجاتهم وفرضياتهم التى بقيت معرضة للجدل والشك مدة طويلة . وامتلأت صحف العالم بالارقام والمعلومات ، التى تدحض فرضيات المجماتيين حول تكون رواسب الخامات المعدنية ونشوء الجبال .

وعندما رجع كل شئ الى مجراه الطبيعى ، على جناح السرعة ، تم اعادة طبع المراجع العلمية ، التى حلت فيها المعلومات الدقيقة مكان الفرضيات والتخمينات . وجرى وضع مشاريع تصاميم المناجم العميقة ، والعميقة جدا ، التى افترضت وجوب جعل قطر المخارج الرأسية للمناجم ، عند الفوهة ، مساو لعشرات الامتار ، ثم يتم تضييقها حتى تصل الى مقياسها الطبيعى على العمق المطلوب .

ان التحول الذى جرى فى تكنيك دراسة ما تحت القشرة الارضية من مواد ، بمساعدة آبار التنقيب ، الخمس

السالفة الذكر ، قد فتح افاقا جديدة امام تطور العلم . كانت جماهير الناس تحتشد باستمرار امام جناح اكاديمية العلوم فى « معرض منجزات الاقتصاد الوطنى السوفييتى » بموسكو . وفى هذا الجناح كانت تعرض قطعة من البلور الخالص ، يبلغ ارتفاعها مقدار طول الانسان . كانت هذه بلورة من الماس الصناعى تم الحصول عليها ، على ضوء المعلومات التى وردت من الآبار العميقة جدا ، والتى اغنت الانسانية جمعاء . فلقد جرى بمساعدة هذه الآبار معرفة الظروف المحيطة بتكون بلورات الماس ذات الاحجام الهائلة . اذ يحصل ذلك فى ظروف الضغط العالى والحرارة المنخفضة (السالبة) .

وفى داخل البلورة الماسية هذه ، صفت معادن ذات الوان مختلفة ، تكون الكلمات التالية : السلم ، العمل ، الحرية . لقد كان الغرض من ذلك ازالة الشك الذى قد ينشأ عند زوار الجناح عن طبيعة هذا الماس الصناعى .

واخيرا تم ارسال قطعة من العينة الحفرية التى استخرجت من منطقة موخو الى المختبر البيولوجى ،

حيث تم هناك اكتشاف آثار الحياة القديمة . وهذا الاكتشاف المدهش ، ترك اثرا فى نفوس العلماء اكثر مما تركه فيهم اكتشاف المادة الصلدة وقطع الماس ذات الاحجام الهائلة . لقد بين هذا الاكتشاف بان الحياة لا تنحصر فى تلك الطبقة الضيقة الواقعة على سطح القشرة الارضية ، بل هناك حياة فى الاعماق البعيدة كذلك .

قبل أن يتم حفر هذه البئر بفترة طويلة ، اكتشفت العالمة السوفييتية جينزبورج — كاراجيتشيفا ، الجراثيم على عمق ثلاثة كيلومترات ، فى احدى آبار شبه جزيرة أبشيرون . تختلف هذه الجراثيم عن تلك التى تعيش على سطح الارض ، بانها تستطيع بسهولة ، أن تلائم حياتها مع ظروف الحياة الخالية من الاوكسجين . اما الجراثيم التى تم اكتشافها فى الاعماق السحيقة فى الآبار العميقة جدا ، فتستطيع امتصاص الاوكسجين ، وتعتبر اعلى تطورا من تلك التى اكتشفتها جينزبورج— كاراجيتشيفا . اذ انها كانت تستطيع الحصول على الاوكسجين عن طريق تحليل الصخور . لقد كانت نوعا خاصا من الجراثيم الاوكسجينية .

ومن جديد نشأ تساؤل امام العلماء ، عن كيفية نشوء الحياة على الارض . وهنا بدأت تظهر فرضيات مختلفة يتلخص فحواها بان الحياة قد تسربت الى سطح القشرة الارضية ، من اعماق الكرة الارضية . واتجه هم العلماء نحو التفكير عن كيفية نشوئها هناك ، فى لب الارض .

ما وراء طبقة موخو

وذات مرة ، عندما بقيت فرقة العمل الليلى ، من المهندسين والحفارين للاشراف على عمليات الحفر ، التى كانت تجرى فى بئر كوريلسك ، حدثت فجأة حادثة غريبة ، احدثت فى المدينة ، التى يقطنها الحفارون ، هرجا ومرجا وانطلقت صفارات الانذار مدوية فى كل مكان ، مما حدا بجميع سكان المدينة على أن يهرعوا الى منطقة الحفر .

كان منظر برج الحفارة عجيبا جدا ، اذ كانت انوار ساطعة تنبعث منه . وكانت أطراف أصابع الناس ، وكذلك شعورهم تشع كالنور . ومن برج الحفارة كانت

تنطلق دندنة وصفير غريبين وانتشرت فى الجو رائحة الاوزون الشديدة .

ان هذه الظاهرة كانت معروفة منذ قديم الزمان . فقد سماها الرومان القدماء « نيران كاستور وبولوكس » ، وفى القرنين السادس عشر والسابع عشر صاروا يطلقون عليها اسماء القديسين الذين كانت تشاد الكنائس تخليدا لذكراهم .

وبشكل خاص ، كانت الانارة ملحوظة على اطراف الاشياء الطويلة المدببة . وغالبا ما كان الناس يلاحظون ذلك ، على صلبان الكنائس . لقد سميت هذه النيران فى وقت ما باسم « نيران القديس ايرازم » ، ثم اطلق عليها اسم « نيران القديس ايلم » ، وفى النهاية سميت بـ «نيران ايلم» . ان النيران السالفة الذكر هى نفس النيران التى ايقظت سكان مدينة الحفارين .

تنشأ « نيران ايلم » عادة عند تعاظم جهد المجال الكهربائى فى الجو ، اذ يصل فى بعض الاحيان ، الى مقدار ٣٠٠٠٠ فولط سم .

عندما بدأت الاجهزة بقياس جهد المجال الكهربائى فى بئر كوريلسك اتضح انه مساو لملايين الفولطات فى السنتمتر الواحد .

وفى كل يوم كانت الاجهزة تسجل زيادة فى جهد المجال الكهربائى . وكانت هذه الزيادة تتناسب طرديا مع زيادة العمق .

ولم تفلح الاستشارات والمحادثات التى اجريت بين مختلف علماء العالم ، فى ايجاد تفسير لهذه الظاهرة . ولكن أمل التوصل لحل هذا اللغز قد بزغ نتيجة لاستمرار توارد المعلومات من الاعماق . فقد اتضح أن العلماء الذين يقومون بدراسة اعماق الارض ، قد عثروا على تيار كهربائى ثابت ، يقع مصدره على مقربة من منطقة الستار الارضى .

واتضح أن التيارات الكهربائية الشاردة ، التى اكتشفها العلماء على عمق قريب من سطح الارض ، لا يمكن ، ولا بشكل من الاشكال ، مقارنتها بتلك التى عثر عليها فى المنطقة القريبة من « طبقة موخو » . ان ذلك يعنى أن العلماء الذين كانوا يفترضون وجود المولد الارضى ، كانوا على حق . والآن تم اثبات فرضيتهم التى تقول بان الارض عبارة عن مغناطيس كهربائى عظيم . ولكن حتى اصحاب هذه الفرضية لم يدر بخلدهم أن المجال المغناطيسى يمكن أن يقع على هذا العمق البسيط من سطح

القشرة الارضية ، بل كانوا يقولون ان « المولد الارضى » متصل بمجال كهربائى يدور فى منطقة قريبة من نواة الارض ، واقعة تحت طبقة الستار الارضى . وهنا يتضح فجأة بان « المولد الارضى » موجود حتى على بعد قريب من « طبقة موخو » !

لقد دلت الابحاث التفصيلية التى اجريت فى حقل المجال الكهربائى ، على نتائج باهرة . اذ اتضح أن جهد المجال الكهربائى يتعلق بالعمليات الجارية على سطح الشمس . ولاحظ العلماء وجود تغييرات ذات تردد دورى قصير فى جهد المجال الكهربائى ، قرب « طبقة موخو » ، تتعلق بنشاط الشمس ، بينها تغييرات يومية ، وشهرية ، وسنوية .

ونتيجة لهذا الاكتشاف ، تأكدت صحة وجهات النظر القائلة بان حياة الارض والشمس متصلة ببعضها البعض . وان العمليات التى تجرى على سطح الارض تشبه تلك الجارية على سطح الشمس . وبناء على هذه النظريات ، ظهرت مشاريع استغلال الطاقة الكهربائية ، الموجودة على اعماق الارض ، فى مختلف بلدان العالم . ومن اكثر هذه المشاريع اهمية ، ذلك الذى يقوم به

المهندس ايفانوف . اذ اقترح تكوين ما يسمى بـ « حزام الارض الطاقى » عن طريق حفر عدة آبار عميقة جدا ، تكون احداها فى « منطقة اراضى امير ويلز » ، حيث يقع القطب المغناطيسى الشمالى ، واخرى فى منطقة « الانتاركتيد » ، حيث يقع القطب المغناطيسى الجنوبى . هذا بالاضافة الى عدة آبار وسطية اخرى ، فى اماكن متفرقة من الكرة الارضية ، ثم ربط هذه الآبار ببعضها ، بواسطة حزام كهربائى .

بذلك تكون الانسانية قد وهبت مصدرا للطاقة لا ينضب معينه . ولن تعود هناك حاجة لبناء المحطات الكهربائية الغالية التكاليف . ان هذا المصدر الطاقى سيفتح افاقا جديدة امام الانسان ليقهر قوى الطبيعة .

ظهر ايضا مشروع آخر لاستغلال « التقلبات الحرارية » . ونتيجة لذلك شاع استعمال هذا المصطلح فى كثير من الكتب الهندسية بشكل خاص . ويرجع اكتشاف نظرية التقلبات الحرارية الى زمن بعيد ، حيث تكلم الكثير من العلماء فى ذلك الوقت عن مشروع تدفئة المدن بواسطة الماء البارد ، الذى يمكن الحصول عليه بواسطة تيارات الحمل الحرارى . وبالرغم مما فى

هذه العبارة من التناقض ، الا انه يمكن تدفئة المنازل بالماء البارد .

في هذه البئر العميقة جدا ، اكتشفت تقلبات حرارية كبيرة . وعلى اساس الفرق في درجة الحرارة بين سطح الارض وما هي عليه في الاعماق ، تم تخطيط مشروع استغلال طاقة الاعماق الحرارية .

وهنا تواردت الاقتراحات الجريئة الواحدة تلو الاخرى . ومن بين هذه المشاريع كان هناك مشروع استغلال الاشعاع الآتي من اعماق الارض . لقد تم اكتشاف الاشعاع بواسطة اجهزة خاصة انزلت الى منطقة « طبقة موخو » حيث اتضح انتشار تيار اشعاعي عظيم من النيوترينو وغيرها من الجزيئات ، قادم من مركز الارض . وهذا التيار قادر على اختراق كل ما يصادفه في طريقه . واتضح أن الارض هي مصدر لهذه الجزيئات المتولدة من جراء عمليات انقسام النويات المعقدة .

من منهم على حق ؟

ان الغموض اسوأ الاشياء . لقد تخيلت أجزاء من هذه الرواية الممتعة واستسغتها . ولكنني لم استطع أن

اتصور صلاحيتها للسيناريو ، ناهيك عن صلاحيتها كموضوع لفيلم سينمائى . ان من غير المعقول تصوير فيلم سينمائى من ثلاثة او اربعة فصول ، كل منها قائم بذاته ، وليس بينها من رابطة سوى تناقض افكارها العلمية .

غالبا ما يحدث ، بانه كلما زاد الانسان تعمقا فى موضوع ما ، كلما زاد افتقاره الى المعلومات الخاصة بهذا الموضوع . وهذا بالضبط ما حصل معى بالنسبة للسيناريو الذى كلفت بوضعه .

ان الشئ الوحيد ، الذى استطعت ان اصل اليه بناء على دراسة وتوسيع كل الآراء العديدة عن طبيعة الارض الداخلية هو اننا بحاجة الى تجارب . ونحن باشد الحاجة الى الاسراع بحفر الابار العميقة جدا ، التى تتيح لنا المجال لاكتشاف طبيعة طبقة الستار الارضى وما تحتها من مواد . نحن بحاجة الى صنع اجهزة جديدة قادرة على امدادنا بالمعلومات اللازمة عن طبيعة المواد الواقعة فى جوف الارض .

بعد هذه الشروط المحددة ، وبعد الحصول على مصادر جديدة من المعلومات ، بعد ذلك ستنفتح امامنا آفاق جديدة .

وفى نهاية الامر اخبرت المخرج باننى لم استطع كتابة سيناريو ملائم للفيلم . وكنت مجبر على الاعتراف بان العلم ،، حتى الآن ، غير قادر على اعطاء اجوبة محددة على بعض ما يهمنا من المواضيع .

اليس من الانسب ، بدلا من اظهار صراع الافكار والمناظرات والاحتدامات ، ان نصور فيلما فنيا لا يحتوى على صراع الافكار ، بل يستطيع اظهار اصطدام السجايا . ذلك الى ان يستطيع العلم ان يقول كلمته الفاصلة فى هذا الموضوع .

ان انشغالى بجمع المعلومات عن التركيب الداخلى للارض، الهانى عن التطرق الى تنقيبات الجيولوجيين ، الذين اشتركت معهم فى مناظرة منذ ربع قرن . ولا أدرى لماذا تولدت عندى فكرة ، اصبحت اعتيادية ، عن ضياع صداقتى لاولئك الذين قابلتهم فى المؤتمر الجيولوجى الدولى السابع عشر .

وفى ذات مرة تسلمت مظروفا كبيرا ، وجدت فيه بطاقة دعوة لحضور الاجتماع الخاص باحياء الذكرى المئوية لميلاد فيرنادسكى . بالاضافة الى صورة الاكاديمى المرسومة على بطاقة الدعوة خط بحروف مذهبة التاريخ

١٨٦٣ – ١٩٦٣ . ومع البطاقة تسلمت نسخة من جدول اعمال الاجتماع .

لقد نشرت الصحف والمجلات معلومات جديدة عن حياة هذا العالم العظيم . ولكن اكثر الاشياء التى نالت اعجابى كانت تلك الرسالة التى وجهها فيرنادسكى عام ١٩٣٣ الى البروفيسور ليتشكوف . كانت هذه الرسالة منشورة فى مجلة « بريرودا » – اى مجلة الطبيعة – وفيها كتب فيرنادسكى يقول : « لقد وصلنا فى علم الجيولوجيا ، من غير ان ندرى ، الى ثورة جذرية . وان من المهم جدا ان نتخلى الآن عن فرضيات علم نشأة الكون ، ونحذفها من قاموس معتقداتنا (وهى الفرضيات القائلة بان الارض عبارة عن قطعة نارية انفصلت عن الشمس وبردت بالتدريج) . واننى اعتقد ان فرضية كانت – لابلاس عن الارض المصهورة ، وما الى ذلك ، تعتبر خيالية ، بل وتقف الآن عقبة فى طريقنا . ان اعتقادى هذا كان منذ زمن طويل عندما كنت شابا . ولكن هذا الاعتقاد قد تبلور فى ذهنى بشكل محدد . والآن تتضح صورة اخرى مختلفة تماما عن السابقة وهى ان الارض عبارة عن جسم بارد ذى طبقات متتالية الترتيب ،

تكونت بفعل العمليات الجيولوجية . هذا وقد بقى هذا الترتيب محتفظا بشكله الاصلى من غير ان يحدث عليه اى تغيير . فما هو المانع ، يا ترى ، من ان نعتبر ان كوكبنا الارضى قد نشأ خلال زمن قصير (فى حدود مقياس الزمن الجيولوجى) عن شهاب (ميتيور) كبير وقع تحت تأثير جاذبية الشمس ؟ »

لقد نضجت هذه الثورة التى اشار اليها فيرنادسكى بل وتحقق جزء منها الآن . ولهذا السبب كان الاحتفال باحياء ذكرى هذا العالم ، الذى يعتبر من المبشرين الاوائل بهذه الثورة ، على هذه الدرجة من الرسمية والاتساع .

ولم يقتصر حضور الاحتفال هذا على العلماء السوفييت ، ولكنه تحول الى ما يشبه المؤتمر العالمى . فنشرت المقالات والدراسات العلمية التى جهزها لهذه المناسبة ، كبار العلماء من المجر ، والولايات المتحدة الامريكية ، وكندا ، وجهورية افريقيا الجنوبية وفرنسا ، وتشيكوسلوفاكيا ، ورومانيا ، وجمهورية المانيا الاتحادية وجمهورية المانيا الديموقراطية ، والهند ، واليابان وغيرها من البلدان .

وبالطبع كان من ضمن المحاضرين : الاكاديميون ، والاعضاء المراسلون فى اكاديميات العلوم والحاصلون على درجة الدكتوراة فى العلوم . وكانت مواضيع المحاضرات التى القاها العلماء السوفييت والاجانب عن كيمياء الارض ، وفيزياء الارض ، وعن طبقة ما تحت الستار الارضى ، وعن نواة الارض . وقد عكست هذه المواضيع مختلف الاتجاهات العلمية فى حقول الجيولوجيا ، والجيوكيمياء ، والجيوفيزياء .

لقد تم توزيعنا على مختلف فنادق موسكو ، ولكن معظم اعضاء المؤتمر كانوا فى الفنادق الواقعة بمركز العاصمة .

وبدون اتفاق سابق اجتمع مساء اليوم السابق لافتتاح المؤتمر ، عدد كبير من اعضاء الوفود فى مطعم « متروبول » حيث جلس العلماء البارزون حول موائد متفرقة ـ وهذا الوضع ذكرنى بالظروف المشابهة التى حدثت قبل ٢٥ عاما ـ واغتص المكان بالعلماء الشباب الذين كانوا يتحدثون ويتجادلون بحماس بالغ . وفجأة سمعت صوت شاب يقول : « ان تكون رواسب الخامات لم يتم على الطريقة المجماتية » .

ـ ما هذا الذى اسمعه ؟ بعد انقضاء ربع قرن من الزمن تحول الشباب الى معسكر اصحاب نظرية التحول النبتونى ؟

ولكن بدا اننى تسرعت بالحكم ، فقد كان من بينهم مجماتيون ايضا . وهنا دار نقاش بين الفريقين .

واقترح احدهم : دعونا نأخذ برأى عمداء العلم . وفى وسط القاعة سمعت ضجة حشد غفير من العلماء الشباب .

من يدرى فلعل احدهم يكمل هذا الكتاب ، وعندها يقوم هو بنفسه بالبحث عن اصدقائه .

المحتويات

الغاز معقدة كثيرة

سيل متدفق من المعلومات

البحث عن المجهول

فى عالم الالغاز

الى القراء الاعزاء ،

يسر دار «مير» للطباعة والنشر ان تكتبوا اليها عن رأيكم فى هذا الكتاب ، حول مضمونه وترجمته ، اسلوبه وشكل عرضه ، وتكون شاكرة لكم لو ابديتم لها ملاحظاتكم وانطباعاتكم . كذلك يسر الدار ان تعلموها بما ترغبون فى قراءته من مؤلفات الكتاب السوفييت باللغة العربية .

عنواننا :
الاتحاد السوفييتى — موسكو
بيرفى ريجسكى بيريوولوك رقم ٢

طبع فى الاتحاد السوفييتى

ما هي حقيقة باطن الارض ؟ وما هي الاسرار التي تختفي تحت طبقة الستار الارضي ؟ اي المواد تلاقي بريمات الحفر العميق ـ سائل الماجما المغلي ام مادة في غاية الصلابة ؟ درجات حرارة عالية لايمكن تصورها ام برودة تقرب من الصفر المطلق ؟

لايستطيع العلم حتى الآن ان يعطي اجوبة قاطعة على هذه الاسئلة بالرغم من وجود مجموعة كبيرة ومختلفة من الفرضيات .

يحدثنا هذا الكتاب عن الطرق التي يحاول فيها العلماء كشف الاسرار التي تخفيها اعماق الارض وعن رومانطيقية البحث والدراسات المستمرة الباسلة التي يقوم بها الجيولوجيون والجيوفيزيائيون القائمون على دراسة باطن كوكبنا المحير .

